

Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3911R018 Materiály a technologie
Zaměření: Materiálové inženýrství

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

INOVACE MIKROOHYBOVÉ ZKOUŠKY

MICROBENDING TEST INNOVATION

KMT – B – 206

Karel Mašín

Vedoucí práce: doc. Ing. Břetislav Skrbek, CSc.
Konzultant: doc. Ing. Ivan Doležal, CSc.

Počet stran: 79
Počet tabulek: 11
Počet obrázků: 23
Počet grafů: 6
Počet příloh: 16

Datum: 16. 05. 2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení	Karel MAŠÍN
studijní program	2341 B Strojírenství
obor	Materiály a technologie
zaměření	Materiálové inženýrství

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

Inovace mikroohybové zkoušky

Zásady pro vypracování:

(uveďte hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Prostudujte normy o zkoušení materiálů v ohybu, práce věnované mikroohybu.
2. Seznamte se s analogovým zařízením pro mikroohybové zkoušky, po jeho repasi proveďte kontrolní zkoušky na experimentálních materiálech. .
3. Ve spolupráci se specialisty navrhnete digitalizaci výstupů a propojení s PC.
4. Navrhnete a koordinujete SW zpracování dat zkoušky ve smyslu moderních poznatků o mikrodeformačních procesech slitin Fe, Al.



Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum: 16. 05. 2013

Podpis

Poděkování

Za neocenitelnou a nezištnou pomoc, cenné rady a připomínky při vypracování této práce děkuji doc. Ing. Břetislavovi Skrbkovi, CSc.

Za obětavou pomoc při zpracovávání podkladů dále děkuji doc. Ing. Ivanovi Doležalovi, CSc., Ing. Jaroslavovi Vránovi, Ph.D. a Ing. Zuzaně Andršové.

Za odbornou pomoc při realizaci praktické části mé práce děkuji panu Ing. Jiřímu Jakubovi.

Za poskytnutí vzorků odlitků a neocenitelné rady děkuji panu Karlovi Policarovi.

Za poskytnutí nezbytného vybavení děkuji firmě ELKOSO, s.r.o., GRAMMER, s.r.o., IEG, s.r.o. a v neposlední řadě TU Liberec – Katedře materiálů.

Děkuji mé rodině za trpělivost a neustálou podporu během studia. Bez nich bych studium vysoké školy při zaměstnání nikdy nezvládl.

Karel Mašín

Anotace

Tato práce se zabývá digitalizací výstupu z mikroohybového přípravku – MOP; prověřením funkčnosti MOP na konkrétním výrobku. Navržením vhodného A/D převodníku pro digitalizaci výstupu. Vybráním softwaru (SW) a naprogramováním prostředí pro přenos výstupních hodnot z MOP do počítače - PC. Vytvořením grafického zobrazení výstupního napětí, pro sílu a průhyb. Praktickými zkouškami s doporučením dalších úprav.

Abstract

This project deals with digital output from microbending preparation – MOP; MOP functionality verification of a certain product. Suggested a proper A/D converter for digital output. Certain software (SW) chosen and an interface for transmission of output data from MOP into computer - PC programmed. Output voltage graphic display of force and sag created. Practical tests and recommendation of next MOP improvements.

Klíčová slova

Mikroohybový přípravek

Digitalizace

Litinové odlitky

Pevnostní zkoušky

Key words

Microbending preparation

Digitization

Cast iron castings

Solidity tests

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	TEORETICKÁ ČÁST	11
2.1	Stav zjišťování parametrů materiálů destruktivními zkouškami	11
2.1.1	Zkouška tahem	11
2.1.2	Zkouška tlakem	15
2.1.3	Zkouška ohybem	17
2.1.4	Zkouška klínová	19
2.1.5	Zkouška mikrostřihem	19
2.1.6	Zkouška rázem v ohybu	20
2.1.7	Mikroohybová zkouška	23
2.1.8	Derivace tahových a ohybových záznamů	26
3	EMPIRICKÁ ČÁST	27
3.1	Stav zjišťování funkčnosti mikroohybových přípravků	27
3.1.1	Mikroohybový přípravek - prototyp	28
3.1.2	Mikroohybový přípravek - série	28
3.1.3	Zprovoznění a porovnání mikroohybových přípravků	29
3.1.4	MOP série, předpis pro nastavení elektroniky postup	30
3.1.5	Plošný souřadnicový zapisovač XY – 4106	34
3.1.6	Zkouška sestavy MOP, elektronika, XY zapisovač	35
3.1.7	Ověření praktického využití analogového MOP před digitalizací	36
3.2	Výběr vhodného SW (softwaru) a měřicího modulu	39
3.2.1	Varianta 1 – sestava od fa National Instrument 1.	39
3.2.2	Varianta 2 – sestava od fa National Instrument 2.	40
3.2.3	Varianta 3 – sestava od fa ELKOSO a Moravské přístroje a.s.	42

4	VÝSLEDKY A DISKUSE	47
4.1	Porovnání výsledků mikroohybu zaznamenaného na zapisovači XY 4106 a SW Control Web 6	49
4.2	Princip měření	51
4.3	Kalibrační křivky	52
4.4	Prvotní měření	54
5	ZÁVĚR	60
6	POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE	61
7	PŘÍLOHY	63

1 ÚVOD

V současném globálním světě a rychlém tempu doby je kladen stále větší důraz na kvalitu, ale i cenu výrobků a materiálů. Nejinak je tomu v odvětví průmyslu. Proto se stále častěji hledají nástroje a metody, pro zlevnění vstupních materiálů, zrychlení výroby a snížení nákladů, při zachování nezbytné kvality. Protože snižování cen materiálů a zachování potřebné kvality spolu úplně nekorespondují, jsou nutná pravidla (normy, např. ISO, TS atd.), která se musí dodržovat a s tím spojené kontrolní a auditorské firmy, které na dodržování těchto pravidel dohlíží.

Jednou z mnoha metod pro zkoušení materiálů je zkouška ohybem, respektive mikroohybem, která se využívá k stanovení kvality materiálu při namáhání v ohybu a která se provádí na ohýbacích přípravcích strojích, na kterých se zaznamenává potřebná síla a průhyb. Zkouška v ohybu provedená na těchto strojích neodhaluje skutečné, ale obvyklé smluvní stavy, při namáhání v ohybu.

Cílem této práce je repasovat existující analogové zařízení pro mikroohybové zkoušky a po zprovoznění zařízení a vyzkoušení jeho funkčnosti na „Plošném souřadnicovém zapisovači XY-4106“ navrhnout digitalizaci výstupů a propojení s PC, prostřednictvím A/D převodníku nebo měřící karty. Dále pak ve spolupráci se specialisty navrhnout SW pro zpracování dat zkoušky ve smyslu moderních poznatků o mikrodeformačních procesech slitin. Provést praktické zkoušky MOP a užitelnosti ve zkušebnictví materiálů.

Námět a cíle této bakalářské práce jsou motivovány obsahem předchozích odstavců, kdy stávající repasované analogové zařízení je cca dvacetkrát levnější než zkušební stroje na pevnostní zkoušky při namáhání

v tahu a další jeho nezanedbatelnou předností je mobilita a přenos do aktuálních pozic. Toto mobilní zařízení pro zkoušku v ohybu bude schopno určit celkový průhyb y a maximální sílu F_{\max} přelomení vzorku.

Výsledky bakalářské práce mají přispět k repasi cenově přístupného mikroohybového přípravku a k digitalizaci a uchovávání získaných dat, pro potřebu dalšího zpracování a případného výzkumu nebo vývoje, ve smyslu moderních poznatků a doby. Doporučení pro optimalizace MOP.

2 TEORETICKÁ ČÁST

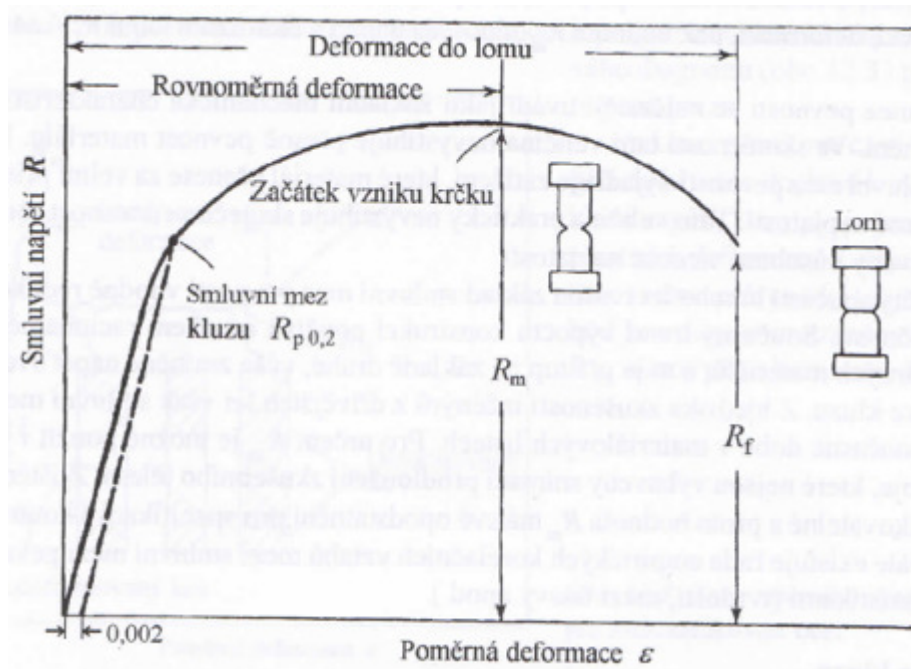
2.1 Stav zjišťování parametrů materiálů destruktivními zkouškami

Tyto zkoušky většinou převažují, výsledkem těchto zkoušek je konkrétní hodnota mechanické nebo fyzikální veličiny.

2.1.1 Zkouška tahem

Zkouška tahem dle normy ČSN EN 10 002-1 [42 0310] je základní a zároveň nejrozšířenější mechanická zkouška. Princip mechanické zkoušky je přetržení zkušební tyče čtyřhranného nebo kruhového průřezu a následné stanovení tzv. napětových a deformačních charakteristik. Tyč se natahuje na univerzálním trhacím stroji předepsanou rychlostí / rychlost deformace se musí pohybovat v rozmezí $2,5 - 25 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ až do úplného přetržení. Zaznamenáváme síly F a prodloužení tyče. Z tohoto procesu a záznamu měření lze určovat níže popsané hodnoty. [10]

Mez kluzu je napětí, při němž začíná vznikat plastická deformace. Hodnota napětí / smluvního napětí R – vztaženo na počáteční průřez/ v oblasti přechodu mezi pružnou a plastickou deformací. U litin a tvrdých ocelí se mez kluzu neprojevuje charakteristickou prodlevou napětí a také proto, že zjištěná hodnota meze kluzu je závislá na citlivosti snímače prodloužení, proto se zavádí smluvní hodnota meze kluzu $R_{p0,2}$, což je napětí, které vyvolá plastickou (trvalou) deformaci o velikosti $\varepsilon_p = 0,002$ (0,2%) – poměrné prodloužení. Ve srovnání s měřením modulu pružnosti E však zvětšení snímače může být o řád menší (50 – 100 násobné).



Obr. 2.1 Smluvní diagram napětí – deformace

Podle obrázku 2.1 bychom měli považovat za mez kluzu napětí, při které dochází k odklonu diagramu od přímky. [1, 12]

Mez pevnosti R_m je maximální napětí dosažené ve smluvním diagramu napětí-deformace, což je poměr hodnot maximální síly dosažené při zkoušce a původního průřezu zkušební tyče

$$R_m = \frac{F_{\max}}{S_0} \quad [\text{MPa}] \quad (1)$$

R_m = mez pevnost

F_{\max} = maximální působící síla

S_0 = průřez zkušební tyče

U tvárných materiálů je mez pevnosti dána hodnotou smluvního napětí, při němž se začíná vytvářet na zkušebním tělese krček. K lomu tělesa (obr. 2.1) dojde při smluvním napětí R_f (lomové napětí) až po vzniku krčku. Smluvní

mez pevnosti se nejčastěji uvádí jako základní mechanická charakteristika určená zkouškou tahem. [1]

Tažnost - poměrná deformace

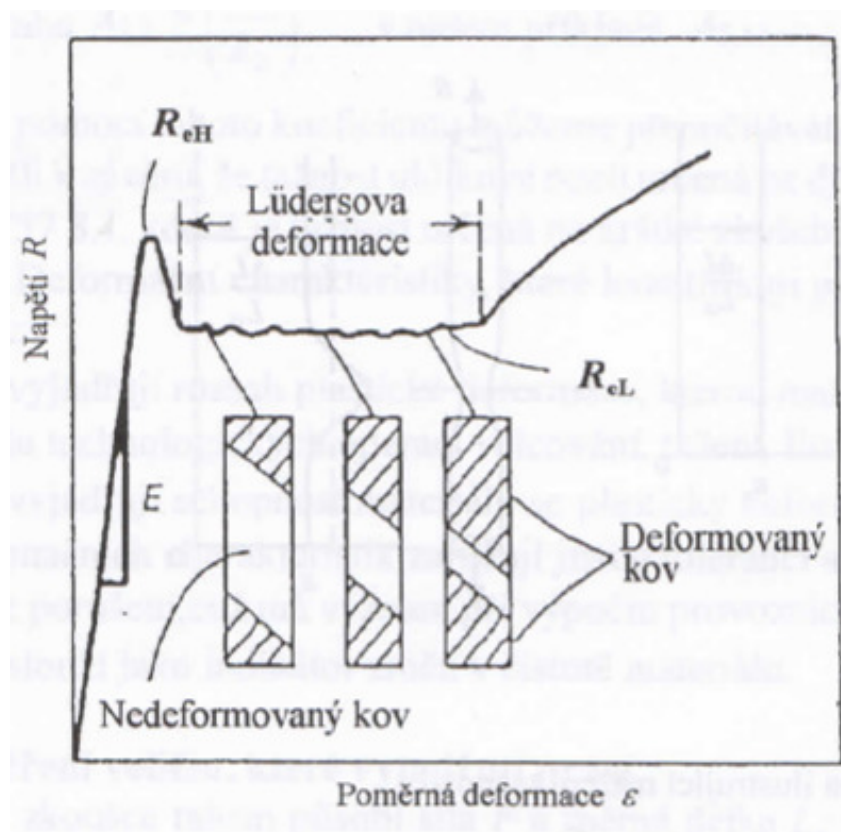
Je poměrná podélná trvalá deformace vyjádřená v %. Je to vlastně poměr prodloužení tyče k počáteční délce v %.

$$A = \varepsilon_u = \frac{(L - L_0)}{L_0} [-] = 100 \cdot \frac{(L - L_0)}{L_0} = \frac{(L_u - L_0)}{L_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2)$$

L_u = konečná délka

L_0 = počáteční délka

A = tažnost, poměrná deformace

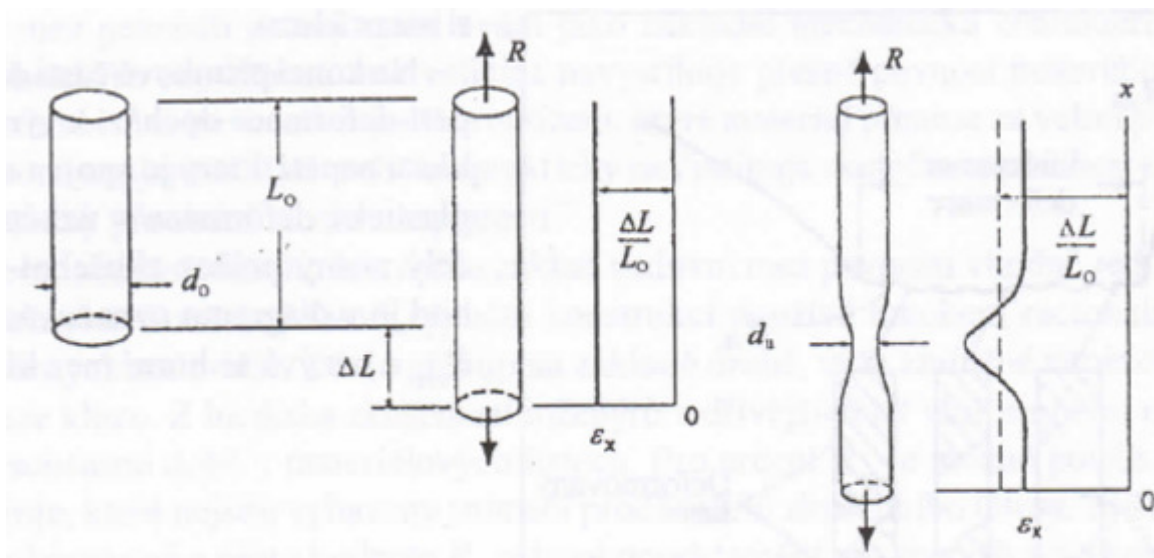


Obr. 2.2 Tvar tahového diagramu typický pro nízkouhlíkovou ocel

Kontrakce – zúžení

Je důsledek zaškrcení zkušební tyče vlivem příčných napětí odpovídajících trojosé napjatosti.

$$Z = 100 \cdot \frac{(S_0 - S_u)}{S_0} \quad [\%] \quad (3)$$



Obr. 2.3 Schéma ilustrující měření tažnosti

S_0 = počáteční průřez

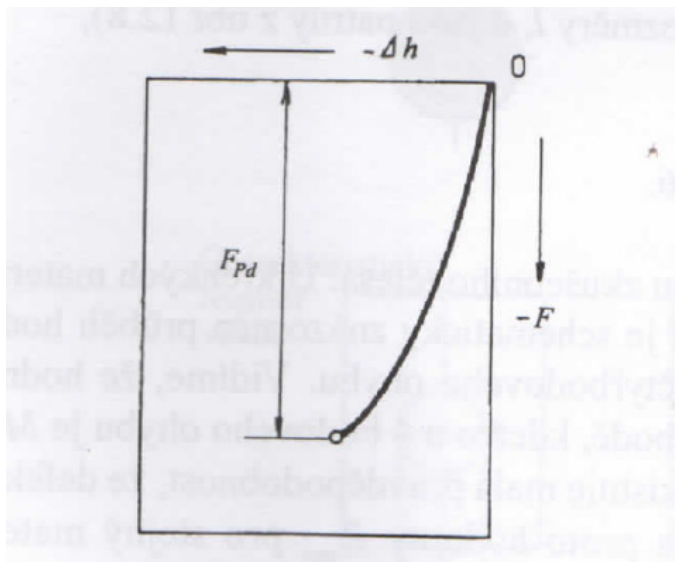
S_u = konečný průřez

Z = kontrakce, zúžení

Při zkoušce tahem se užívají zkušební tyče kruhové a ploché, pro jejichž délku platí: pro kruhové tyče $L_0 = 5.D$ nebo $L_0 = 10.D$, pro ploché tyče $L_0 = 5,65 \cdot S_0$ nebo $L_0 = 11,3 \cdot S_0$. Přednostně se používají tyče krátké. [1]

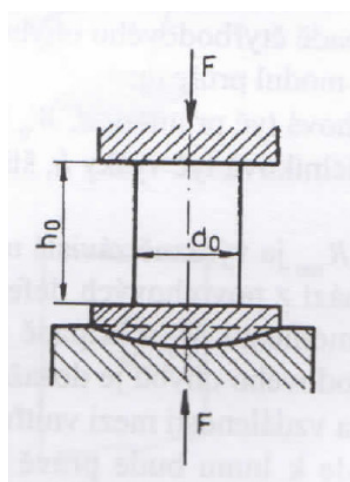
2.1.2 Zkouška tlakem

Zkouška tlakem se používá hlavně pro křehké materiály, zkušebním tělesem je zpravidla váleček o výšce h_0 a průměru d_0 /20 – 30 mm/.



Obr. 2.4 Zatěžovací diagram při jednoosém tlaku

Váleček se zatěžuje do určité deformace nebo do rozdrčení. Zkušební těleso se položí mezi dvě podložky, z nichž jedna je uložena v kulovém sedle. Kulové sedlo zajišťuje zatížení v ose válečku. Při zkoušce se zaznamenává tlaková síla v závislosti na velikosti stlačení výšky válečku. [1]



Obr. 2.5 Schéma zatěžování zkušebního tělesa tvaru válečku při zkoušce tlakem

Tlakovou zkouškou se hodnotí pevnost hlavně křehkých materiálů – šedá litina, stavební materiály, kompozice apod. – tj. materiálů, které slouží pro výrobu součástí, konstrukcí namáhaných v provozu tlakovým zatěžováním.

Ze zkoušky lze určit:

Pevnost tlaku

$$R_{mt} = \frac{F_{mt}}{S_0} \quad [\text{MPa}] \quad (4)$$

R_{mt} = pevnost tlaku

F_{mt} = maximální působící síla

S_0 = počáteční průřez

Poměrné krácení

$$\varepsilon_t = \frac{h_0 - h}{h_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (5)$$

Poměrné rozšíření

$$\psi_t = \frac{S - S_0}{S_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (6)$$

h, h_0 = počáteční a konečná výška

S, S_0 = počáteční a konečný průřez

Hodnoty ε_t a ψ_t lze určit pouze v případě, že nedojde k rozdrčení materiálu.

[1, 12]

2.1.3 Zkouška ohybem

Zkouška ohybem dle normy /ČSN EN 10 045-1 [42 0381], je zkouška, která je určena především pro litinové materiály, které mají rozdílnou pevnost v tahu a v tlaku. Při zatěžování ohybem dochází k namáhání tahem i tlakem souběžně. Proto je při této zkoušce posouzení jakosti materiálu daleko objektivnější než při zkouškách tahem a tlakem. Při zkoušce ohybem se zkušební tyč obdélníkového nebo kruhového průřezu položí na dvě opory (zpravidla na válečky). Zkušební stroj pracuje v režimu tlakového zatěžování. Horní část přípravku pro ohybovou zkoušku tvoří jeden trn, který působí silou uprostřed zkušební tyče (obr. 2.6).

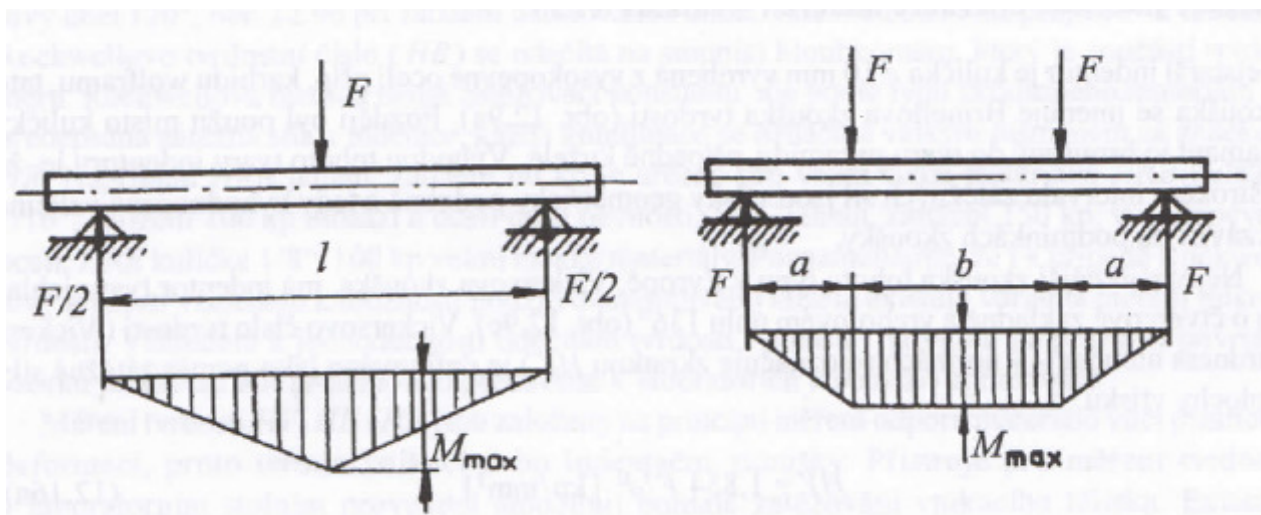
Účelem zkoušky je získat závislost síla – průhyb tyče. Průhyb se měří snímačem přemístění středu tyče vzhledem ke krajním oporám. Při průhybu není napětí v průřezu zkušební tyče konstantní, ale mění se. Na povrchu vzorku, proti zatěžovacímu trnu, působí maximální tahové napětí. Směrem ke středu tyče napětí klesá na nulovou hodnotu a dále nabývá záporných hodnot tj. tlakové. Zkouška se používá pro hodnocení křehkých materiálů, jakou například litiny, konstrukční keramika apod. Za pevnost v ohybu se bere maximální hodnota tahového napětí působícího na povrchu tyče v okamžiku lomu. Maximální napětí vzniklé v krajním vlákne neboli hodnota smluvní pevnosti v ohybu R_{m0} je dána vztahem: [1]

$$R_{m0h} = \frac{M_{0 \max}}{W_0} \quad [\text{MPa}] \quad (7)$$

$M_{0 \max}$ = maximální ohybový moment

v případě tříbodového ohybu $M_{0 \max} = F l / 4$

v případě čtyřbodového ohybu $M_{0 \max} = F a$ (rozměry l, a jsou patrné z obr. 2.6)



Obr. 2.6 Zkouška tříbodovým (vlevo) a čtyřbodovým (vpravo) ohybem

W_0 = modul průřezu

kruhová tyč průměru d , $W_0 = \pi d^3 / 32$

obdélníková tyč výšky h , šířky b , $W_0 = bh^2 / 6$

Hodnota R_{m0} je výrazně závislá na kvalitě povrchu zkušebního tělesa. U křehkých materiálů k lomu dochází z povrchových defektů. V (obr. 2.6) je schematicky znázorněn průběh hodnot ohybového momentu M_0 v případě tříbodového a čtyřbodového ohybu. Vidíme, že hodnoty M_{0max} u tříbodového ohybu je dosaženo prakticky v bodě, kdežto u čtyřbodového ohybu je M_{0max} konstantní na vzdálenosti mezi vnitřními oporami. Existuje malá pravděpodobnost, že defekt, ze kterého dojde k lomu, bude právě uprostřed tyče, a proto hodnoty R_{m0} pro stejný materiál a stejný zkušební vzorek budou závislé na podmínkách ohybové zkoušky. Tato zkušenost je zahrnuta v nových normách pro hodnocení pevnosti konstrukční keramiky (ČSN EN 843). Ohybového namáhání, jak si ukážeme dále, se používá v řadě dalších zkoušek pro hodnocení mezních stavů např. při hodnocení

houževnatosti z průhybu tyče. Zkušební tyče mohou být očištěné nebo obrobené. Preferované rozměry jsou $d = 20 \text{ mm}$ a rozpětí podpor $a = 20d$.
(obr. 2.6.)

Zkoušky ohybem tvárných materiálů využívají většinou technologové k odhalení existence povrchových trhlin v okolí svaru, zjištění mezní deformace při ohýbání plechů apod. [1]

2.1.4 Zkouška klínová

Provádí se na tyčích kruhového průřezu daného průměru, které se umístí mezi dva klínovité hroty. Na tyto hroty se působí silou. Zatížení se zvyšuje až do destrukce tyče. Síla v okamžiku destrukce je označována jako mez pevnosti pro klínovou zkoušku. Z této hodnoty lze usuzovat na vlastnosti zkoušeného materiálu. Tato zkouška se nehodí pro materiály s převážně feritickou maticí, kde se vlivem vysoké tvárnosti nedá určit mez pevnosti. [10]

2.1.5 Zkouška mikrostrihem

Je to zkouška pracující na obdobném principu vyhodnocování jako zkouška klínová. Zkouška se provádí na zkušebních vzorcích kruhového průřezu /daného průměru/, které jsou v obrobeném stavu. Tyto tyče se získávají vyvrtáním pomocí speciálního korunového vrtáku, to umožňuje získávat vzorky z různé části odlitku. Při zkoušce se tyčinka stříhá pomocí speciálního přípravku. Získanou veličinou je opět síla způsobující přestřižení vzorku. Způsob hodnocení je stejný jako u zkoušky klínové. [10]

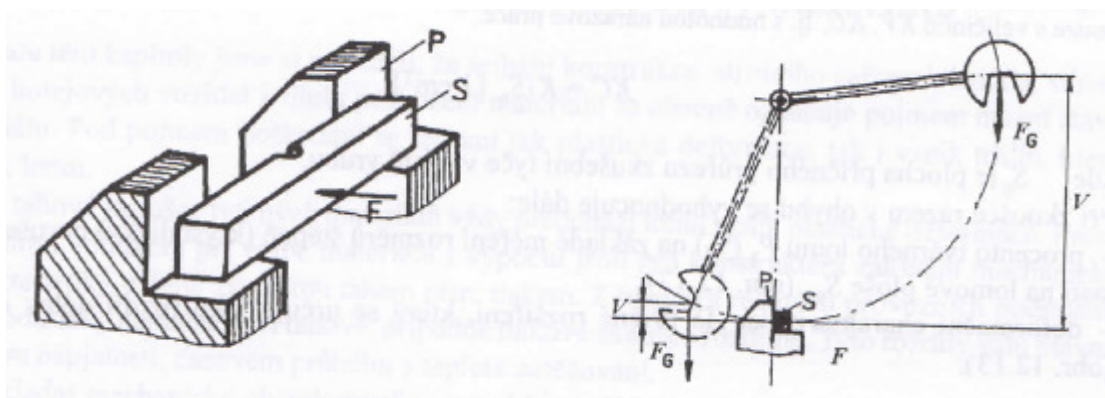
2.1.6 Zkouška rázem v ohybu

Pokud zkušební těleso obsahuje vrub a zatěžování probíhá za snížené teploty vysokou rychlostí deformace, jsou některé konstrukční materiály houževnaté a chovají se křehce. Mezi tyto materiály můžeme zařadit všechny konstrukční oceli obsahující ve struktuře ferit i některé kovy s hexagonální mřížkou. Tuto skutečnost ovlivňuje stav napjatosti.

Tyto zkoušky se provádějí, vzhledem k náchylnosti materiálu vůči křehkému porušení, na zkušebních tělesech s defektem, a to při rychlém zatěžování.

Těleso se ohřeje na zvolenou teplotu a potom se provede zkouška. Při zkoušce se zjišťuje velikost nárazové práce nutné k porušení zkušebního tělesa a hodnotí se charakter lomu. Pokud se měření provádí za různých teplot, pak na základě teplotní závislosti nárazové práce se zjišťuje přechod od jednoho mechanismu porušení ke druhému. Tento stav nazýváme jako přechodové nebo tranzitní lomové chování. Nejstarší, nejméně náročná a zároveň nejrozšířenější je zkouška hodnocení odolnosti materiálu proti křehkému lomu, tzv. zkouška rázem v ohybu.

Při této zkoušce se jednostranně vrubovaná zkušební tyč /S/ ležící na oporách /P/ přeražena nárazem kyvadlového kladiva (obr. 2.7 a 2.8). [1]



Obr. 2.7 Princip měření nárazové práce na kyvadlovém kladivu

Práce spotřebovaná na přeražení zkušební tyče /nárazová práce/ K je dána rozdílem potenciálních energií.

$$W_P = F_G V \quad \text{a} \quad W_K = F_G v$$

$$KC = \frac{W_P - W_K}{S_0} \quad [\text{J/cm}^2] \quad (8)$$

S_0 = plocha příčného průřezu zkušební tyče v místě vrubu

F_G = tíha závaží beranu

W_P = počáteční energie (je dána konstrukcí kyvadlového kladiva)

$$\text{Nárazová práce } K - \quad K = F_G \cdot (V - v) \quad [\text{J}] \quad (9)$$

v = funkce výšky, do které vykývne beran kladiva po přeražení vzorku

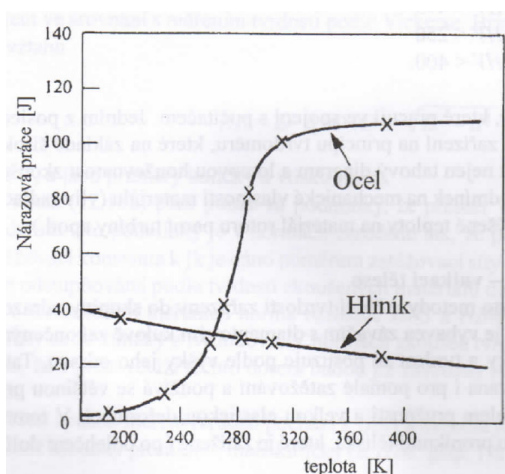
Při těchto zkouškách se přepočítává zjišťovaná nárazová práce K [J] na vrubovou houževnatost KC [kJ.m^{-2}]

KC = bez vrubu pro křehké materiály

$KCU = U$ vrub

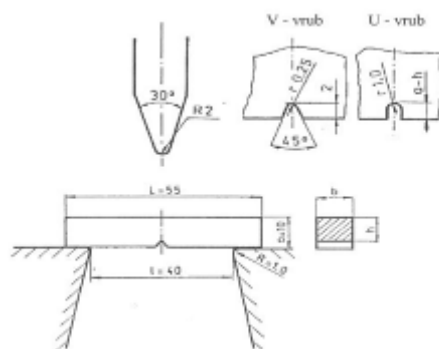
$KCV = V$ vrub

(obr. 2.7 a 2.9)



Obr. 2.8 Ukázka teplotní změny nárazové práce oceli, kde ke změně charakteru lomu dochází a hliníku, kde se tranzitní lomové chování nevyskytuje. [1]

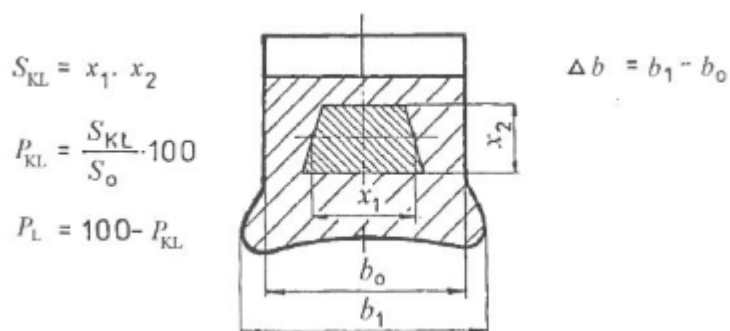
Normalizovány jsou jak rozměry zkušební tyče, tak tvar vrubů a uspořádání zkoušky. Základní údaje, geometrie zatěžování a rozměry zkušebních těles, pro zkoušky kovových materiálů jsou znázorněny na obr. 2.9. Podle ČSN EN 10 045-1 je výška zkušebního tělesa $b=10\text{mm}$, pouze u těles s V-vrubem jsou přípustné menší hodnoty tloušťek 5 a 7 mm; hloubka U-vrubu je $(a-h)=5\text{mm}$, v národní příloze normy je uvedeno, že v České republice se provádí zkoušky na tyčích s U-vrubem o hloubkách vrubu 2 a 3 mm. [1]



Obr. 2.9 Zkouška rázem v ohybu, uspořádání zkoušky a rozměry tělesa a tvary vrubu

Dále se při zkoušce rázem v ohybu vyhodnocuje:

- procento tvárného lomu P_L (%) na základě měření rozměrů štěpně (krystalicky) porušené oblasti na lomové ploše S_{KL} (obr. 2.10)
- deformační charakteristika Δb příčné rozšíření, která se určuje jako rozdíl délek b_1 a b_0 (obr.2.10). [1]



Obr. 2.10 Zkouška rázem v ohybu, vyhodnocení procenta tvárného lomu P_L a příčného rozšíření Δb

2.1.7 Mikroohybová zkouška

Je to speciální zkouška, která se používá především pro křehké materiály a v podstatě je i pro tyto materiály určena. Tato zkouška se provádí na malých zkušebních vzorcích, tělesech. Ideální vzorek pro tuto zkoušku je vzorek ve tvaru hranolu o rozměrech 50 x 20 x 5 mm.

Tyto vzorky můžeme získat vyříznutím z libovolné části jakéhokoli kontrolovaného odlitku, materiálu nebo hotového výrobku, což považuji za jednu z předností mikroohybové zkoušky.

Zkouška se provádí pomocí speciálního mikroohybového přípravku, který byl vyvinut panem Ing. Skrbkem a vyráběn v odborném učilišti fa. Liaz. Přípravek se skládá ze základního rámu tělesa, opatřeného dvěma podporami, dále pak z části, která ohýbá zkoušený vzorek materiálu – ohybník (prismatický trn), dvou kalených ocelových destiček, tenzometrické soustavy /napájené ze zvláštního stabilizovaného zdroje 24V střídavým proudem/ určené k snímání působící síly a průhybu. Analogové zařízení je doplněno vyhodnocovacím zařízením a plošným souřadnicovým zapisovačem XY-4106.

Provádění a průběh zkoušky probíhá následovně. Zkoušený vzorek se umístí na dvě podpory, které jsou na hlavním rámu přípravku a mezi tyto podpory a zkoušený vzorek se vloží dva kusy kalených ocelových destiček-hranolů, které jsou od sebe vzdáleny 25 nebo 40mm. Tyto destičky – hranolky slouží k lepšímu rozložení tlaku při ohybu a zabránění boření do podpor na hlavním rámu, které by negativně ovlivnilo výsledek zkoušky. Destičky mají čárový dotyk s podporami.

Do přípravku se nasadí ohybník, na který se působí pomocí universálního tlakového - trhacího stroje. Ohybník po zatížení působí na střed vzorku silou a tím způsobuje jeho deformaci – průhyb. [9, 10]

Pomocí tenzometrických obvodů-můstek, umístěných na speciálně odlehčeném ohybníku a stejně tak pod průhybovým čípkem, je získáván elektrický signál.

Tento signál je přes zesilovací aparát a vyhodnocovací elektronický můstek napojen na plošný souřadnicový zapisovač XA – 4106. Na tomto zapisovači jsou zaznamenávána výstupní data, a to tak, že na ose x se zaznamenává průhyb a na ose y je zaznamenávána působící síla. Tvar křivky je závislý na typu a vlastnostech zkoušeného materiálu. Zkouška se provádí až do maximálního průhybu vzorku, případně do jeho destrukce – zlomení. / R_{moh} – mez pevnosti v ohybu/. Toto hodnocení spočívá v porovnání s křivkami získanými zkoušením vzorků známých vlastností.

Ze zaznamenaných grafů můžeme zjistit maximální sílu v ohybu P a maximální průhyb f . [9, 10]

Parametry, které lze ze zkoušky určit jsou:

$$R_{moh} = \frac{M_0 \max}{W_0} = \frac{\frac{1}{8} \cdot F \cdot l}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} \quad [\text{MPa}] \quad (10)$$

F = působící síla

l = vzdálenost podpor /40 mm/

b = šířka vzorku

h = výška vzorku

$M_0 \max$ = maximální ohybový moment

W_0 = je modul průřezu pro ohybový moment

Na základě porovnání výsledků zkoušky mikroohybem a tahem byly získány vztahy mezi R_{moh} a R_m (11) a (12): [9] a [10]

$R_{moh} = (1,5 \text{ až } 2,2)$.

$$R_m \quad [\text{MPa}] \quad (11)$$

$$R_m = 0,51 \cdot R_{m0} \quad [\text{MPa}] \quad (12)$$

Absolutní průhyb: y

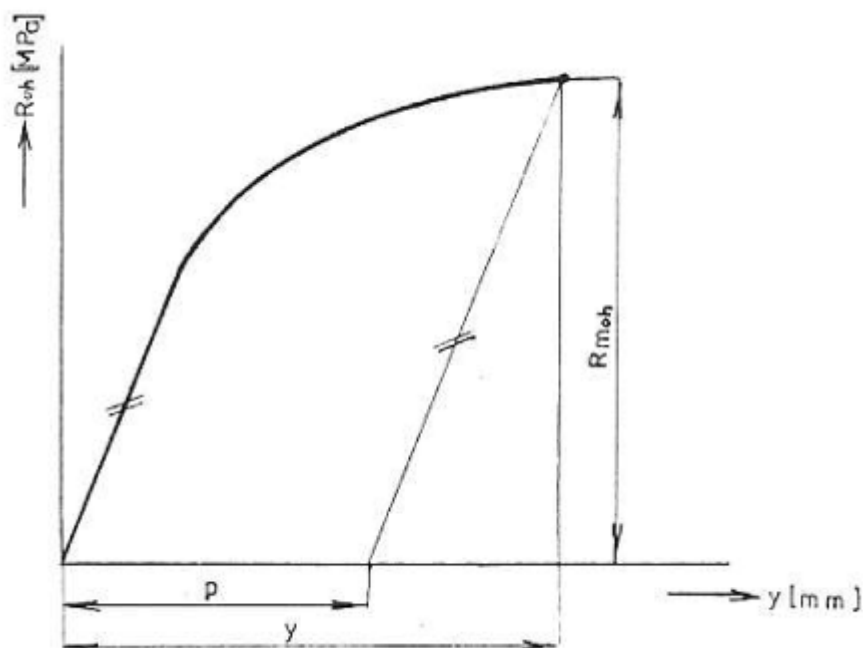
Podíl plastického a lineárního průhybu:

$$y_p = \frac{P}{y - P} \quad [1] \quad (13)$$

p = plastický průhyb

y = absolutní průhyb

y_p = je nezávislý na absolutním průhybu, průřezu zkušební tyče a charakterizuje plasticitu materiálu [9, 10]



Obr. 2.11 Ohybová křivka $R_{oh} = f / y /$ a měřené veličiny

2.1.8 Derivace tahových a ohybových záznamů

Derivováním tahových a ohybových záznamů bez Hookova zákona (litiny) lze získat mez pružnosti, mez kluzu a mezní stavy – extrémy (HZ-tahem je normálové napětí přímo úměrné relativnímu prodloužení – platí pro pružnou deformaci). [1, 10]

Derivace ohybových charakteristik.

$$\frac{dR_{oh}}{dy} = \frac{R_{oh}(i+1) - R_{oh}(i)}{y(i+1) - y(i)} \quad [\text{MPa}] \quad (14)$$

Derivace tahových charakteristik.

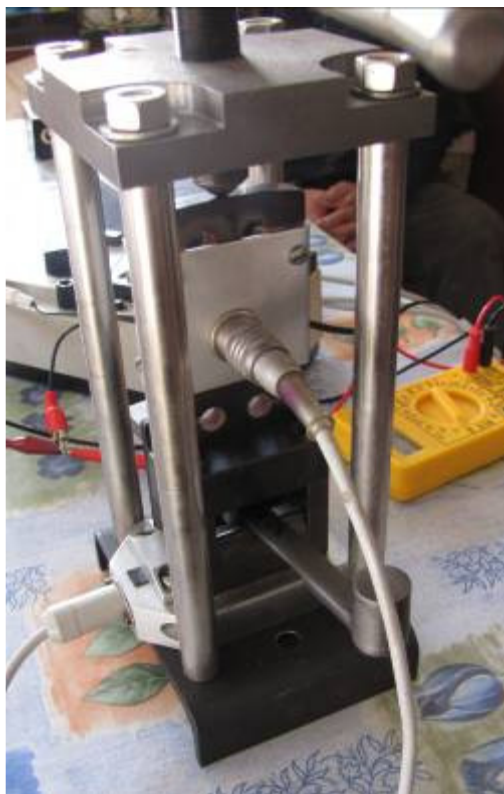
$$\frac{dR}{d\varepsilon} = \frac{R(i+1) - R(i)}{\varepsilon(i+1) - \varepsilon(i)} \quad [\text{MPa}] \quad (15)$$

ε relativní tažnost [%]

y průhyb [mm]

R napětí [MPa]

3 EMPIRICKÁ ČÁST



Obr. 3.1 Mikrohybový přípravek – MOP

V souvislosti na tvorbu BP bylo vytvořeno mechanické a elektronické schéma řešení a zpracována přihláška užitného vzoru pro Úřad průmyslového vlastnictví.

3.1 Stav zjišťování funkčnosti mikrohybových přípravků

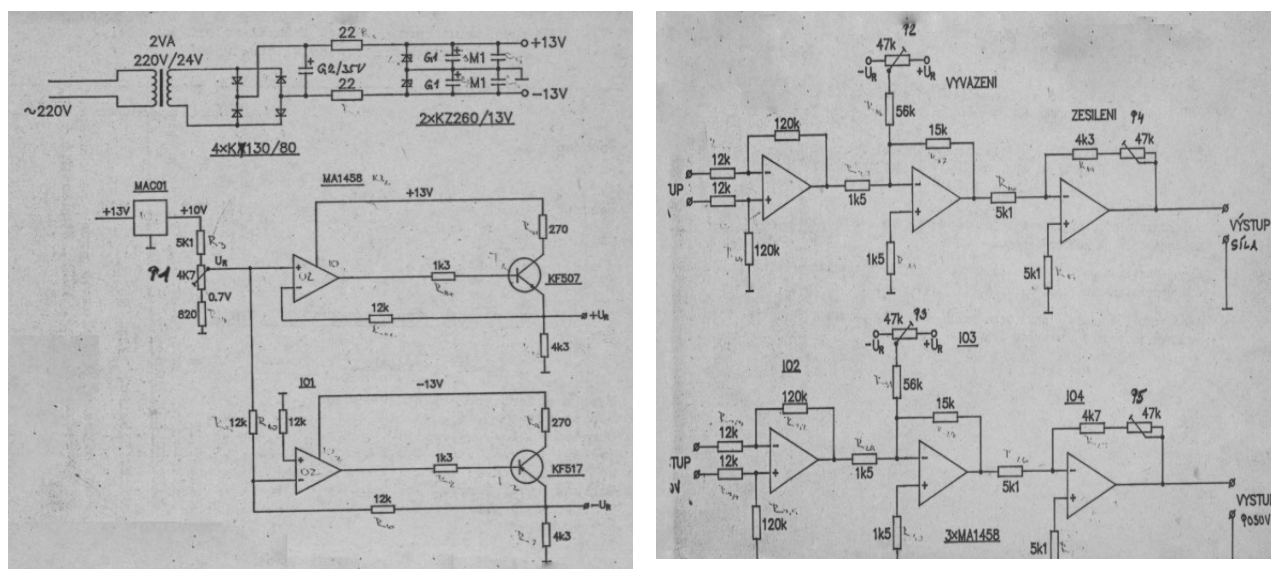
Na začátku realizace inovace mikrohybového přípravku bylo nezbytné uvést nějakou dobu nepoužívané mikrohybové přípravky do provozu. Vzhledem k tomu, že jsme měli k dispozici dva mikrohybové přípravky, bylo nutné vyzkoušet jejich funkčnost a vybrat vhodnější přípravek pro inovaci.

3.1.1 Mikroohybový přípravek– prototyp

První z přípravků byl původní a sloužil jako prototyp před tím, než bylo vyrobeno několik dalších sériových mikroohybových přípravků. Přípravek je téměř totožný se sériovým mikroohybovým přípravkem - MOP, s tím rozdílem, že u sériového přípravku už byly vylepšeny některé kosmetické vady a elektronika prototypu MOPu je napájena ze sítě 220V.

3.1.2 Mikroohybový přípravek - série

Druhý z přípravků byl vyroben v minulých letech v sérii několika dalších mikroohybových přípravků pro laboratoře VŠ (např. VŠB Ostrava nebo VUT Brno). Přípravek byl modifikován a inovován po stránce vzhledové. Elektronika tohoto MOP přípravku je napájena z nezávislého zdroje 24V.



Obr. 3.2 Schéma zapojení zdroje a elektroniky MOP

3.1.3 Zprovoznění a porovnání mikrohybových přípravků.

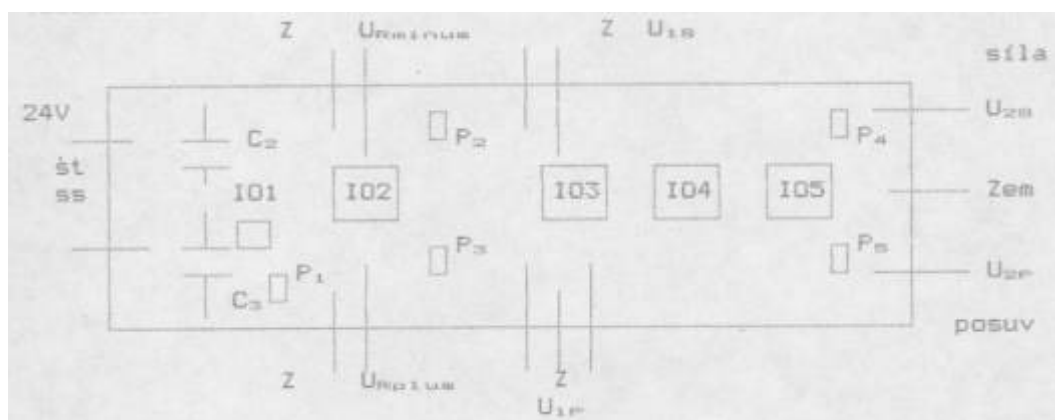
Přípravky se musely nejprve proměřit a zjistit, zda jsou funkční. Na základě výsledků bylo nutné doletovat některé upadlé spoje a po následném měření bylo zjištěno, že jsou oba dva mikrohybové přípravky i jejich elektroniky funkční. Toto bylo zjištěno na základě výstupních hodnot z tenzometrů, při zátěži a vložení zkušebního vzorku, a to jak na síle, tak na průhybu. Oba dva přípravky vykazovaly výstupní napětí s tím rozdílem, že přípravek sériový vykazoval napětí záporné, zatímco prototyp mikrohybového přípravku vykazoval napětí kladné. Vzhledem k tomu, že po drobných opravách se nám podařilo zprovoznit oba dva přípravky, rozhodli jsme se, že prototyp mikrohybového přípravku ponecháme pro používání s plošným souřadnicovým zapisovačem XY-4106 a sériový mikrohybový přípravek (vzhledem k lepší kondici) použijeme pro inovaci. Rozdílné napětí jsme zatím nebrali v úvahu, neboť jsme toto chtěli později ošetřit softwarovou aplikací, protože pro správné zobrazování v grafu je nezbytné, aby hodnoty síly i průhybu začínaly v hodnotě „0“.

Toto bohužel potenciometry pro regulaci napětí v elektronikách mikrohybových přípravků neumožňovaly. Výstupní napětí bylo měřeno na aparátu Sinometer M-830B.



Obr. 3.3 Oprava elektroniky a měření výstupních napětí v zátěži u MOP

3.1.4 MOP série, předpis pro nastavení elektroniky postup



Obr. 3.4 Schéma umístění nastavovacích prvků na desce se spoji

Pracovní postup

1. Napájení – k napájecí dvojince elektroniky jsme připojili školní zdroj st.= (střídavé) napětí 26V. Možno použít i ss (stejnosměrné) napětí, u obou napětí v rozmezí 22V až 28V. Důležité je, aby na kondenzátorech C_2 a C_3 bylo stejné napětí v rozmezí 11V až 13V.

2. Napájení tenzometrů $U_R - P$ se musí nastavit tak, aby mezi výstupy U_{Pp1} a U_{Rmin} bylo napětí U_R v rozmezí 0,8V až 1,3V. Pokud by bylo napětí U_R vyšší než 1,5V hrozilo by poškození tenzometrů.

3. Vyvážení zesilovače stejnosměrného napětí – nejprve se P_2 nastaví tak, aby na výstupu síly bylo nulové napětí U_{2s} (v tomto případě nám to P_2 neumožnil, ošetříme SW částí, jinak by bylo nezbytné zasahovat do elektroniky MOP a předělávat některé odpory-jejich hodnoty nebo vyměnit aktivní prvky příslušných obvodů), následně je nutné nastavit P_3 pro průhyb ve stejném duchu jako P_2 . V tomto případě se výstup měří na U_{2p} . Otáčením běžci trimrů P_2 a P_3 lze měnit U_2 o jednotky voltů.

4. Zesílení zesilovačů - nastavení P_4 a P_5 na minimální hodnoty. Pak se zesílí $I02$ na 10 a $I04$ asi na 1. Připojí se vstupní U do 0,5V a výstupní

napětí U by tak mělo být $10 \times U$. Otáčením běžců P a P na max. odpor musí zvětšit zesílení až $100 \times U$, přičemž U 11V při jeho saturaci.

Technické údaje MOP

Hmotnost přípravku – 1,9 kg

Hmotnost třmenu – 3,4 kg

Rozměry přípravku – 70 x 95 x 180

Rozměry třmenu – 100 x 135 x 300

Citlivost snímače síly – max. výstupní

Citlivost snímače průhybu – napětí $\pm 10V$

Vzdálenost podpor – 27 mm a 40 mm

Světlost pracovního prostoru – 12 x 35 mm

Napájení - 24 V střídavý (nebo 24 až 30V)

Spotřeba - cca 1W

MOP – sestava zařízení, mechanická část + elektronika

1. Mechanická část

1. a – zatěžovací třmen je opatřen tenzometry a konektorem pro připojení siloměrné elektroniky
1. b – základové těleso se snímačem průhybu a konektorem pro připojení elektroniky
1. c – dvě podložky vzorku a vyměnitelné podpory
1. d – čípek pro přenos průhybu k snímači [9]

2. Elektronika

2.a – propojovací kabely snímače síly a průhybu ukončené pětikolíkovými adaptéry

2.b – deska elektroniky obsahující zdroj napětí pro tenzometry a polovodiče, zesilovače síly a průhybu (platí pro prototyp MOP, sériový MOP neobsahuje zdroj napětí)

2.c – kabel výstupních napětí, na jednom konci opatřen pětikolíkovým adaptérem na druhém konci opatřen konektory pro vstup do plošného souřadnicového zapisovače XY – 4106

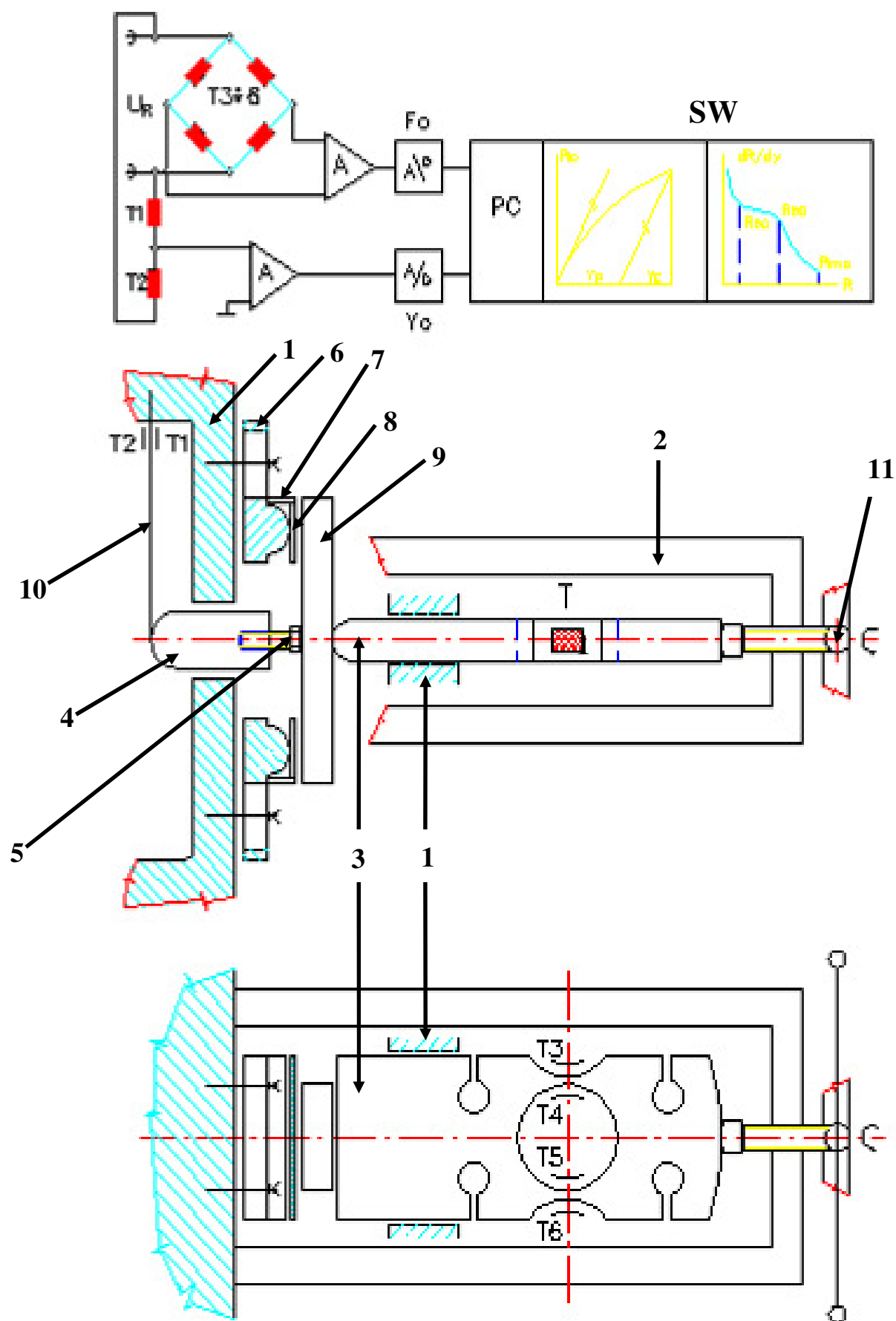
3. Přípravek pro ruční zatěžování

4. Školní zdroj adaptér na 28V

(platí pouze pro sériovou elektroniku) [9]

Popis k obrázku č.3.5

1. Základní těleso
2. Zatěžovací třmen, který může být součástí základního tělesa
3. Zatěžovací tenzometrický tvarový trn, který se kluzně pohybuje v základním tělese
4. Čípek, který dosedá na tenzometrickou planžetu
5. Šroubek v čípku, pro seřízení dorazu ke vzorku
6. Tvrdé podpory s volitelnou roztečí L (jsou přišroubovány k základnímu tělesu)
7. Stabilizační lem
8. Tvrdé podložky slepené z kalené destičky
9. Vzorek zkoušeného materiálu
10. Tenzometrická planžeta, vetknutá do základního tělesa
11. Otáčivé rameno pohybového šroubu



Obr. 3.5 Schéma přípravku pro mikrohybovou zkoušku – MOP

3.1.5 Plošný souřadnicový zapisovač XY - 4106

Tento zapisovač slouží k automatickému zápisu funkcí $f(x,y) = 0$ v pravoúhlém souřadnicovém systému, přičemž velikost proměnných x a y je vyjádřena dvěma stejnosměrnými elektrickými signály. Připojením časové základny na vstupní svorky souřadnice x nebo souřadnice y je umožněn zápis funkcí $y = f(t)$ nebo $x = f(t)$.

Technické údaje zapisovače XY - 4106

Formát záznamového papíru – A3

Záznamová plocha – 350 x 280 mm

Měřicí konstanty – obě osy – 0,1-0,2-0,5mV.cm⁻¹

1-2-5-10-20

-50mV. cm⁻¹

0,01-0,02-0,05V. cm⁻¹

0,1-0,2-0,5V.cm⁻¹

1-2-5V. cm⁻¹

Přesnost ±0,5%

Pásmo necitlivosti ≤0,2%

Linearita měř. potenciometru ±0,25%

Rychlost zápisu – osa x ≥50cm.s⁻¹

– osa y ≥47cm.s⁻¹

Vstupní odpor 100 kΩ konstantní

Vstupní proud ≤100nA

Drift nulové polohy ≤±8μV/°C

Vstupní obvod asymetrický, plovoucí

Dovolené přetížení v rozsahu mV – 20 V

Dovolené přetížení v rozsahu V – 190 V [15]

3.1.6 Zkouška sestavy MOP, elektronika, XY zapisovač



Obr. 3.6 Zkouška funkčnosti analogové sestavy MOP na XY zapisovači

Po repasi analogové sestavy MOP proběhla zkouška funkčnosti při zatížení. Zkoušku jsme dělali na odlitku klíče 42 23 04, kdy jsme ho na repasovaném MOP přípravku zatěžovali silou a výsledné údaje průhybu a síly jsme zaznamenávali na XY zapisovači. V tomto případě se klíč pouze prohnul a nedošlo k jeho zlomení ani porušení. Výsledná zaznamenaná křivka odpovídala průhybu a síle, tudíž jsme mohli přejít k navržení A/D převodníku nebo měřící karty pro přenos dat do PC. Na základě zjištěných výstupů a požadavků.

1. Nastavení času záznamu 1 – 10s
2. Počet bodů záznamu pro vytvoření křivky – 50/s
3. Výstupy X, Y – max. 10V
4. Propojení do PC přes USB rozhraní
5. Min. dva analogové vstupy
6. Rozsah napětí $\pm 10V$
7. Rozlišení min. 12 bitů

3.1.7 Ověření praktického využití analogového MOP před digitalizací

Následná zkouška funkčnosti a ověření praktického využití analogového MOP proběhla na vzorku ze spodní části skříně vodního čerpadla (viz příloha č. 12). Zkouška byla provedena na pevnost v ohybu na analogovém MOP se zápisem na zapisovač XY 4106.

Pro zkoušku byly vybrány vzorky odlitku:

Označení	Původ odlitku
0	Náhodně vybraný z výroby před TZ
2	Tepelně zpracován na zlepšení obrobitelnosti
3	Dodán z obrobny laboratoří pro odhalení příčin ztížené obrobitelnosti

*Tabulka 3.1 Vzorky odlitků, *žítáno 930°/2 hod. – ochlazování v peci*

Předepsané hodnoty:

č.v. 442 1 1061 006 5, model M 1645, materiál 422420:

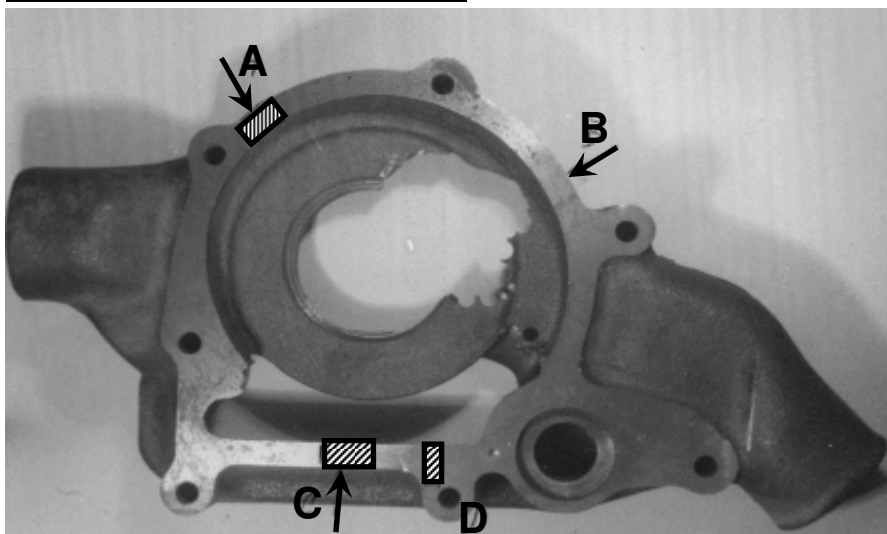
tl. stěn 4-8- mm, 200-260HB, tl. stěn 8-15mm 180-240HB

P max. 0,5%, S max. 0,15%

chem. složení v %.	C	Mn	Si	S	P	Se
min	3,35-	0,65-	1,8-	<0,12	<0,4	1,005
max	3,6	0,9	2,4			

Tabulka 3.2 Předepsané hodnoty a složení

Místa měření a odběru vzorků:



Obr. 3.7 Spodní část skříně vodního čerpadla s označením míst odběru vzorků na měření.

Z grafického záznamu (viz příloha č. 13) byl následně vypočten poměr f_p pružně plastického nelineárního průhybu k pružnému průhybu lineárnímu. Celkový průhyb f [mm]. Pevnost v ohybu R_{m0} [MPa]. Výsledky (viz tabulka č.3.3).

	Místo	C		D		A
Odlitek		tyč A	tyč B	tyč A	tyč B	tyč A
0	b x h	20 x 5,9	20 x 6,1	15 x 5,1	15,5 x 5,1	
	R_{m0}	401,7	409,4	276,8	242,2	
	fr	0,14	0,32	0,48	0,65	
	f	0,37	0,41	0,39	0,43	
2	b x h	20 x 5,2	19,9 x 5,4	15 x 4,9	14,8 x 5,1	
	R_{m0}	396,2	385,3	163,3	206,7	
	fp	0,16	0,15	0,86	0,75	
	f	0,34	0,29	0,41	0,44	
3	b x h	20,3 x 6	23,7 x 6,4	15 x 4,9	15 x 5	18,1 x 5,1
	R_{m0}	559,8	550,7	385,3	386,9	346,7
	fp	0,21	0,38	0,57	0,48	0,345
	f	0,58	0,51	0,48	0,55	0,37
		B				
3	b x h	18 x 9,2				
	R_{m0}	481,5				
	fp	0,47				
	f	0,31				
Rozteč podpor při ohybu L = 40mm						

Tabulka 3.3 Výpočet poměru f_p pružně plastického nelineárního průhybu k pružnému průhybu lineárnímu. Celkový průhyb f [mm]. Pevnost v ohybu R_{m0} [MPa].

Výsledky

Pevnost v ohybu R_{m0} je u všech skříní výrazně vyšší v tenké stěně /C/ jak v nálitku šroubu /D/. Kromě strukturních vlivů se zde projevuje příznivě vliv licí kůry. Na hodnotách R_{m0} se výrazněji jak na hodnotách tvrdosti HB podílí i morfologie a množství grafitu ve struktuře. R_{m0} v tenké stěně skříní 0 a 2 je velmi blízká, ačkoli se základní kovové struktury obou skříní podstatně liší. Když se použije velmi přibližný přepočtení vztah mezi R_m a R_{m0} : (11) a (12), bude litina skříně 3 odpovídat ČSN 422420-25. Velmi nízká hodnota R_{m0} žíhané skříně 2 v partii nálitků šroubů odpovídá sotva ČSN 422410. Relativní míra plastického přetvoření do lomu, daná koeficientem f_p , je nejvyšší u feritických vzorků 2 z nálitku šroubu a naopak nejnižší v tenké stěně/C/.

3.2 Výběr vhodného SW (softwaru) a měřicího modulu

Kromě funkčnosti softwaru a A/D převodníku nebo měřicí karty pro propojení MOP s PC, jsme měli neméně důležité kritérium a tím byla cena celého aparátu. V dalším oddíle se pokusíme nastínit několik možných variant, kterými jsme mohli inovaci realizovat, avšak hlavním a konečným měřítkem při výběru celého aparátu se stala nakonec cena, což jak se později ukázalo, nebylo vůbec na škodu celé realizaci.

3.2.1 Varianta 1 – sestava od fa National Instrument 1.

1. Základna - NI cDAQ-9171 – kompaktní jednoslotové USB šasi NI CompactDAQ National - Instruments (Czech Republic), s. r. o.

NI cDAQ-9171 je sběrnici napájené jednoslotové šasi USB NI CompactDAQ určené pro malé a přenosné senzorové měřicí systémy. Kombinací cDAQ-9171 a některého z více než 50 měřicích modulů NI řady C vytvoříte měřicí systém s analogovým výstupem, digitálním I/O nebo počítadlem/ časovačem. K dispozici jsou moduly pro nejrozumnější senzorová měření, včetně termočlánků, RTD, tenzometrů, zátěžových a tlakových snímačů, momentových snímačů, akcelerometrů, průtokoměrů, převodníků a mikrofónů. Systémy NI Compact- DAQ kombinují senzorová měření s napěťovými, proudovými a digitálními signály a umožňují tak vytvořit vlastní měřicí systémy s připojením k PC, přenosnému počítači nebo notebooku pomocí jediného USB kabelu. [16, 18]

Cena – 6 910,-Kč

2. Modul - NI 9215 Measurement System 4 Ch, 100 kS/s/ch Voltage Module - USB, Ethernet, and Wi-Fi

Souprava zahrnuje měřicí modul a jeden slot NI CompactDAQ, USB, Ethernet, a 802.11 Wi-Fi kompatibilitu, 4 současné analogové vstupy 100 kS/s, 16-bitové rozhraní.

Cena – 12 990,-Kč

3. Programovací software - LabVIEW Full

Je to software pro řízení experimentů, sběr dat z měřicích karet, kamer atd. a zpracování těchto dat v reálném čase. Prostředí LabVIEW, někdy nazývané též jako G-jazyk (tedy „grafický“ jazyk), je vhodné nejen k programování systémů pro měření a analýzu signálů, řízení a vizualizaci technologických procesů různé složitosti, ale také k programování složitých systémů.

Hlavním cílem virtuální instrumentace zahrnuté v programu LabView je nahrazení technických prostředků virtuálním řešením za přispění programových prostředků a zejména pak grafickými a vizuálními prostředky a zprostředkovat tak maximální názornost. Toto řešení umožňuje rychlé navrhování nových aplikací i provádění změn v konfiguraci. [17, 18]

Cena – 64 900,-Kč

Cena kompletu varianty 1 – 84 800,-Kč.

3.2.2 Varianta 2 – sestava od fa National Instrument 2.

1. Základna - NI cDAQ-9171 – kompaktní jednoslotové USB šasi NI CompactDAQ National - Instruments (Czech Republic), s. r. o.

viz. základna u varianty 1

Cena – 6 910,-Kč

2. Modul - NI USB-6008 12-Bit, 10 kS/s Low-Cost Multifunction

DAQ

8 x analogový vstup (12 bitů, 10 KS/s)

2 analogové výstupy (12 bitů, 150 S/s)

12 digitální I/O; 32 - bitový pult , Bus - opatřený vysokou mobilitou;
vestavěná signální souvislost, OEM verze dostupná

Kompatibilní s LabVIEW, LabWindows/CVI, a Measurement Studio for
Visual Studio .NET, NI-DAQmx řídicí software a NI LabVIEW

SignalExpress LE interaktivní zaznamenávání údajů software View Data
Sheet (engl.). [17, 18]

Nejcitlivější rozsah $\pm 1V$

Cena – 4 100,-Kč

3. Programovací software - MS Visual Studio s využitím VISA knihovny s moduly dodávanými

MS Visual Studio je vývojové prostředí (IDE) od Microsoft. Může
být použito pro vývoj konzolových aplikací a aplikací s grafickým rozhraním
spolu s aplikacemi Windows Forms, webovými stránkami, webovými
aplikacemi a webovými službami jak ve strojovém kódu, tak v řízeném kódu
na platformách Microsoft Windows, Windows Mobile, Windows CE, .NET,
.NET Compact Framework a Microsoft Silverlight.

Cena – bezplatná verze na omezenou dobu – DEMO, pouze pro realizaci
v rámci BP. [16]

Placená verze - Visual Studio Professional w/MSDN Retail 2012 Eng
Programs DVD – 40 777,-Kč

Cena kompletu varianty 2 – 51 787,-Kč

3.2.3 Varianta 3 – sestava od fa ELKOSO a Moravské přístroje a.s.

1. + 2. Základna + Modul - Analogový vstupně/výstupní modul AIO1

Tento modul kombinuje 16-bitové vstupy a 12-bitové analogové výstup, dále pak 4 vstupní a 4 výstupní analogové kanál. Modul AIO1 byl oproti předchozím typům doplněn výstupní částí s 12-bitovým A/D převodníkem- Zmíněný modul obsahuje jen 4 výstupní kanály, proto bylo možné u všech čtyřech implementovat, mimo napětového režimu s rozsahem 0 až 10V, také proudový režim s rozsahem 0 až 20mA.

Pomocí propojek lze nastavit každý vstup zvlášť pro napětový nebo proudový signál. Modul umožňuje nastavovat rozsahy jednotlivých vstupů a vypínat jejich měření. Vyřazení měření daného vstupu ovlivňuje rychlost, s jakou modul poskytuje měřená data. Modul je schopen poskytnout nová data s frekvencí 50 Hz (50 vzorků za sekundu) na jeden kanál. Pokud je povoleno měření všech 4 kanálů, jsou hodnoty kanálů měřeny s frekvencí 12,5 Hz. Při použití jediného vstupního kanálu odpadá nutnost ustalování číslicového filtru a data jsou měněna $200 \times$ za sekundu. Je ale důležité upozornit, že na této frekvenci není převodník schopen reagovat na skokovou změnu vstupu. Pokud se na vstupu objeví skoková změna přes celý rozsah (např. místo -10 V je přivedeno +10 V), spotřebuje převodník 4 měřicí cykly než se změna plně projeví na jeho výstupu. Frekvence měření je tedy opět 50 Hz. [19, 20]

Kód rozsahu	Napěťový rozsah	Proudový rozsah
1	+/-10 V	nelze použít
2	+/-5 V	nelze použít
3	+/-2 V	+/-20 mA
4	+/-1 V	+/-10 mA
5	+/-0,5 V	+/-5 mA
6	+/-0,2 V	+/-2 mA
7	+/-0,1 V	+/-1 mA
9	0–10 V	nelze použít
10	0–5 V	nelze použít
11	0–2 V	0–20 mA
12	0–1 V	0–10 mA
13	0–0,5 V	0–5 mA
14	0–0,2 V	0–2 mA
15	0–0,1 V	0–1 mA

Tabulka 3.4 Měřicí rozsahy analogových vstupů

Kód rozsahu **0** je vyhrazen a znamená vypnutí měření vstupu. Měřicí rozsahy lze měnit i za běhu aplikace nezávisle pro každý ze 4 vstupů. Přednastavená hodnota rozsahu je +/-10 V. Výstupy jsou pomocí propojek na desce nastavitelné jako proudové nebo napěťové. Napěťový rozsah je 0 až +10 V, proudový rozsah je 0 až 20 mA. Mezní vzorkovací kmitočet je 200 Hz na sběrnici USB 1.1, resp. 3,3 kHz na sběrnici USB 2.0. Je limitován rychlostí komunikace mezi jednotkou DataLab IO a nadřazeným počítačem, a také rychlostí obslužného programu na počítači. [19, 20]

A/D převodník má rozlišení 12 bitů, jeden krok převodníku odpovídá změně výstupního napětí o 2,5 mV resp. proudu o 0,005 mA. Protože 12 bitové rozlišení odpovídá 4096 hodnotám, při 2,5 mV na jeden krok je maximální výstupní napětí 10,24 V. Pokud napětí na výstupu nesmí překročit

10V, je nutno programově zajistit, aby na výstupní kanál nebyla zapisována hodnota větší než 4000. U proudových rozsahů odpovídá maximální hodnotě převodníku proud 20,48mA. Jeden krok převodníku je tedy 0,005mA. Hodnota převodníku pro proud 20mA je 4000. [19, 20]



Obr. 3.8 AIO1 – Modul analogových vstupů a výstupů

Cena modulu AIO1 – 3 850,-Kč

Z důvodu požadavku rychlého měření v obou kanálech, je nutné nakoupit tyto moduly dva, aby se dosáhlo rychlosti vzorkování 50x/s pro oba vstupy. - 2x 3 850,-Kč=7 700,-Kč

Cena procesové jednotky pro dva moduly – 2 900,-Kč

Cena napájecího adaptéru dle typu – 1 000,-Kč



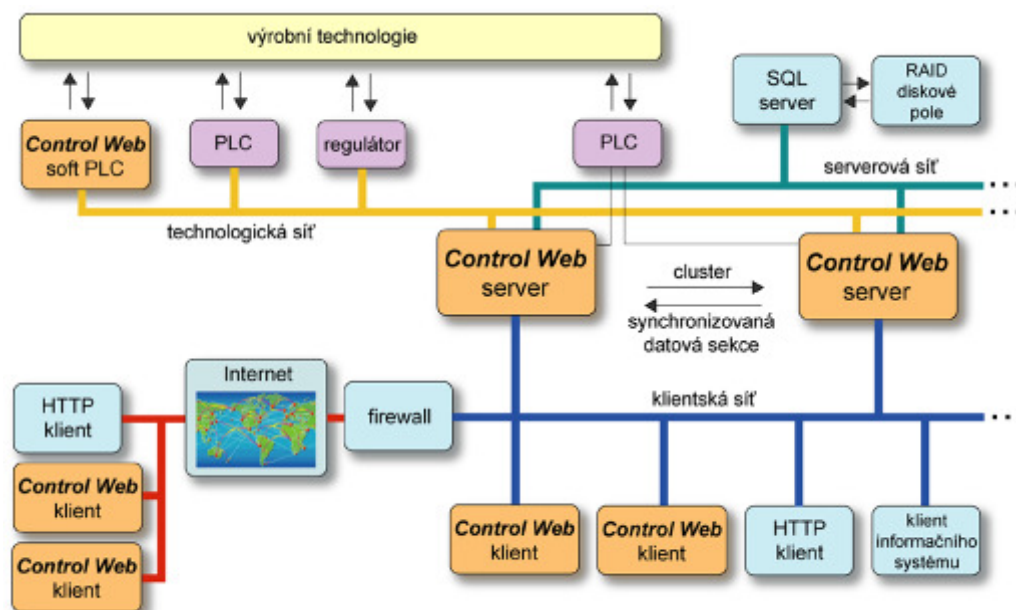
3. Programovací software – Control Web 6 Runtime verze

Programový systém Control Web je jednotným programovým prostředím pro vývoj a provozování aplikací v oblastech automatizačních a informačních technologií. Není jen pouhým SCADA systémem. Dokáže modelovat, simulovat, vizualizovat, ale také automaticky měřit a tisknout protokoly. Jednotné prostředí poskytuje autorům aplikací komponenty a

služby včetně grafického vývojového prostředí pro rychlé vyřešení veškerých požadavků kladených na současné moderní automatizační systémy. Control Web je škálovatelný ve velikém rozsahu sahajícím od malých kompaktních vestavěných řídicích jednotek až po rozsáhlé redundantní clusterové serverové systémy.

Tvorba aplikačních programů byla maximálně zjednodušena díky grafickému editoru, ve kterém lze pomocí myši vybírat jednotlivé komponenty z nabídkových palet a skládat je do struktur vzhledů a algoritmů. Control Web začal být oblíben nejen pro snadnost použití a rychlost vývoje aplikací, ale především pro svou schopnost zvládnout i největší a nejkomplikovanější úlohy. V oboru automatizace se rozšířil natolik, že se stal de facto průmyslovým standardem.

Rozsah, funkčnost a vlastnosti aplikace nejsou systémem nijak předem určeny ani omezeny. Aplikaci si každý může vybudovat podle svých požadavků – vybere si pro ni komponenty a definuje mezi nimi vazby. Výsledný běžící program má strukturu kódu i dat v paměti počítače velmi podobnou, jako by byl na míru napsán a přeložen např. prostřednictvím překladače jazyka C++. Má také podobnou rychlost a výkon. Přitom se neztrácí snadnost použití, jednoduchou aplikaci lze stále vytvořit během několika minut. [19]



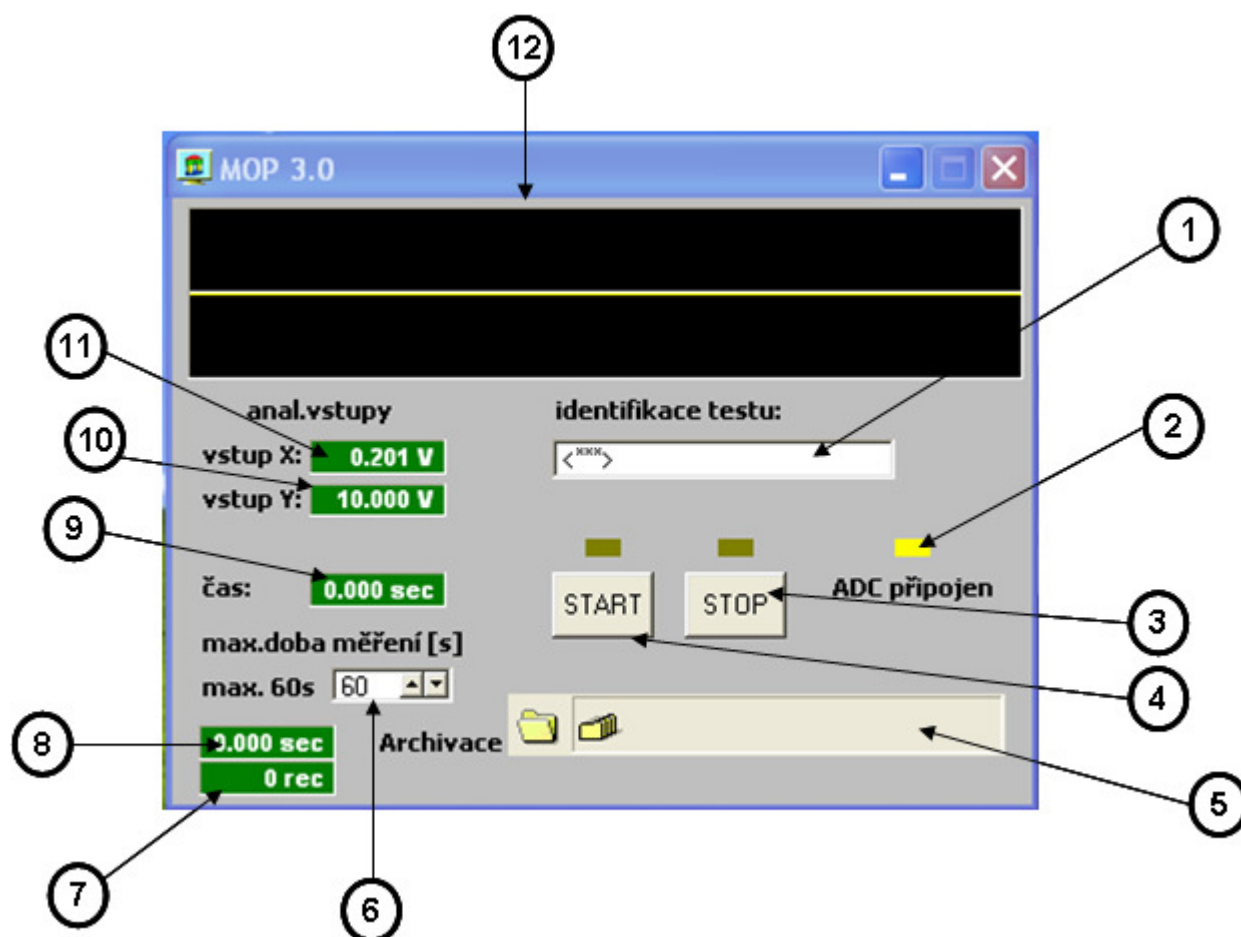
Tabulka 3.5 Ukázka jedné z mnoha možností využití vývojového prostředí Control Web [19, 20]

Cena SW – 7 150,-Kč

Cena kompletu varianty 3 – 18 750,-Kč bez DPH (22 688,- s DPH)

4 VÝSLEDKY A DISKUSE

Na základě popsaných softwarů a měřících karet v bodě 3.2 byla s přihlédnutím k realizačním vs. finančním možnostem projektu vybrána varianta číslo 3 - sestava od fa ELKOSO spol. s.r.o. a Moravské přístroje a.s. Ve spolupráci s firmou ELKOSO, panem Ing. Jiřím Jakubem, bylo naprogramováno prostředí tohoto softwaru v návaznosti na realizaci A/D převodníku AIO1. A/D převodník AIO1 má 4 analogové vstupy a 4 výstupy. Aby bylo možné dosáhnout měření 50x za 1s, bylo nezbytné použít 2 ks tohoto převodníku.



Obr. 4.1 Grafické znázornění výstupu z MOP do PC a jeho popis

Popis obrázku 4.1

1. Identifikace testu – volba názvu měření
2. ADC připojen – žlutě svítící kontrolka signalizuje připojení A/D převodníku a připojení do sítě
3. Tlačítko STOP – slouží k zastavení měření, před uběhnutím nastavené doby
4. Tlačítko START – slouží pro spuštění měření
5. Archivace – prostřednictvím rozbalovacího políčka, volíme složku, kam chceme soubor s naměřenými hodnotami uložit
6. max. 60s – možnost nastavení délky času měření 0 až 60s
7. Počet provedených měření za nastavený čas (v bodě 6)
8. Měření času v sec
9. Zobrazení času viz bod 8
10. Vstupní napětí ve voltech na ose Y – pro průhyb
11. Vstupní napětí ve voltech na ose X – pro sílu
12. Grafické znázornění časového průběhu napětí (u) na převodnících

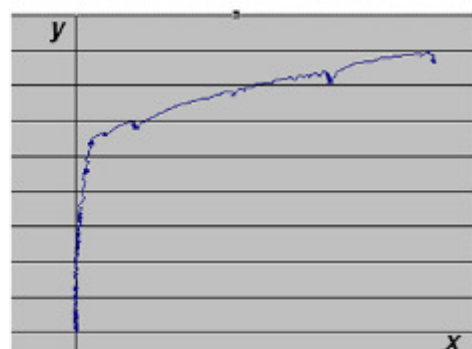
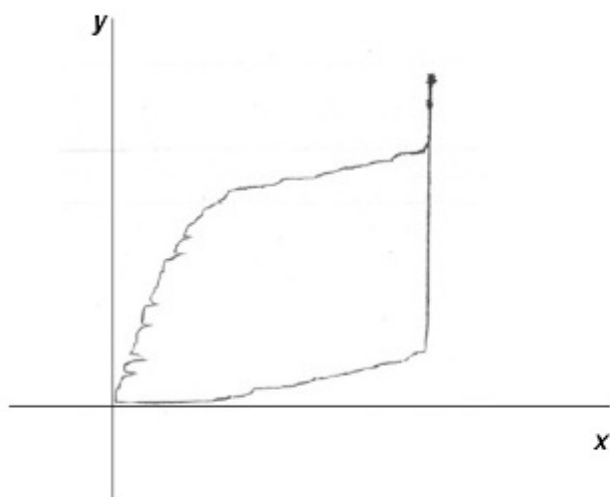
4.1 Porovnání výsledků mikroohybu zaznamenaného na zapisovači XY 4106 a SW Control Web 6

Aby mohlo dojít k porovnání výsledků zkoušek na analogovém vs. digitálním zařízení, byly provedeny zkoušky na stejném odlitku klíče, materiál 42 23 04 (tvárná litina kruhového průřezu), který jsme získali ze slévárny přesného lití IEG s.r.o., Jihlava.



Obr. 4.2 Vzorky odlitků pro mikroohybovou zkoušku, materiál 42 23 04 – tvárná litina

Vzhledem k tomu, že elektronika mikroohybového přípravku dává napětí i v klidovém stavu, je nezbytné naměřené výsledky o tuto počáteční hodnotu ponížít. Je to z důvodu, aby křivka průhybu vycházela v ose x i y z počáteční hodnoty 0. Tento problém jsme vyřešili převedením výsledných hodnot do programu Microsoft Excel a následně jsme je ponížili o tuto počáteční hodnotu (počáteční napětí dáno snímači bez zatížení). Z těchto hodnot jsme potom vykreslili křivku deformace. V našem případě dává elektronika MOP záporné napětí a to na ose x – 0,222V a na ose y 1,994V.



Graf 4.1 Porovnání křivek mikroohybové zkoušky provedené na vzorku klíče, materiál 42 23 04 – tvárná litina. Vlevo graf vykreslený na analogovém zapisovači XY 4106, vpravo hodnoty získané prostřednictvím A/D převodníku a SW Control Web 6.1, převedené do grafické podoby v programu Microsoft Excel.

MOP3 (20130408 0000).DBF - dBase viewer								
Soubor Editace Volby Nápověda								
	DATE	TIME	N	STEP	IN1	IN2	POZNAMKA	
1	8.4.2013	08:36:45	1	0	0.000	-0.001	test 2kN	
2	8.4.2013	08:36:45	2	31	-0.002	-0.003	test 2kN	
3	8.4.2013	08:36:45	3	31	-0.002	-0.003	test 2kN	
4	8.4.2013	08:36:45	4	32	-0.000	0.000	test 2kN	
5	8.4.2013	08:36:45	5	31	-0.000	-0.001	test 2kN	
6	8.4.2013	08:36:45	6	31	-0.000	-0.002	test 2kN	
7	8.4.2013	08:36:45	7	31	0.000	-0.001	test 2kN	
8	8.4.2013	08:36:45	8	32	-0.002	-0.002	test 2kN	
9	8.4.2013	08:36:45	9	31	0.002	0.000	test 2kN	
10	8.4.2013	08:36:45	10	31	-0.002	-0.003	test 2kN	
11	8.4.2013	08:36:45	11	31	0.002	0.001	test 2kN	
12	8.4.2013	08:36:45	12	32	-0.000	-0.001	test 2kN	
13	8.4.2013	08:36:45	13	31	0.000	-0.002	test 2kN	
14	8.4.2013	08:36:45	14	31	-0.000	-0.001	test 2kN	
15	8.4.2013	08:36:45	15	31	-0.000	-0.002	test 2kN	
16	8.4.2013	08:36:45	16	32	0.002	-0.001	test 2kN	
17	8.4.2013	08:36:45	17	31	-0.002	-0.002	test 2kN	
18	8.4.2013	08:36:45	18	31	0.002	0.001	test 2kN	
19	8.4.2013	08:36:45	19	31	-0.002	-0.003	test 2kN	
20	8.4.2013	08:36:45	20	32	0.000	0.000	test 2kN	
21	8.4.2013	08:36:45	21	31	-0.000	-0.001	test 2kN	
22	8.4.2013	08:36:45	22	31	0.000	-0.002	test 2kN	
23	8.4.2013	08:36:45	23	31	-0.000	-0.001	test 2kN	
24	8.4.2013	08:36:45	24	32	-0.002	-0.003	test 2kN	
25	8.4.2013	08:36:45	25	31	0.002	0.001	test 2kN	
26	8.4.2013	08:36:45	26	31	-0.002	-0.003	test 2kN	
27	8.4.2013	08:36:46	27	31	0.002	0.000	test 2kN	
28	8.4.2013	08:36:46	28	32	-0.000	-0.001	test 2kN	
29	8.4.2013	08:36:46	29	31	0.000	-0.002	test 2kN	
30	8.4.2013	08:36:46	30	31	-0.000	-0.001	test 2kN	
31	8.4.2013	08:36:46	31	31	0.000	-0.003	test 2kN	
32	8.4.2013	08:36:46	32	32	0.002	-0.001	test 2kN	

Tabulka 4.1 Tabulka s naměřenými hodnotami vygenerovaná SW Control Web

Popis tabulky číslo 4.1

Sloupec 1 - číslo řádku

Sloupec 2 – DATE, datum záznamu, aktuální datum měření

Sloupec 3 – TIME, čas záznamu, aktuální čas měření (GMT+1)

Sloupec 4 – N, pořadové číslo záznamu (1, 2, 3, ...n)

Sloupec 5 – STEP, čas mezi jednotlivými měřeními [ms]

Sloupec 6 – IN1 (Input 1), hodnoty zaznamenané na osu x = síla [V]

Sloupec 7 – IN2 (Input 2), hodnoty zaznamenané na osu y = průhyb [V]

Sloupec 8 – POZNAMKA, název pokusu, případné poznámky

4.2 Princip měření

Měření na zařízení MOP se softwarem MOP 3.0 – Kontrol Web.

Izotermicky kalené litiny s vermikulárním grafitem.

Princip – tříbodový ohyb, vzdálenost podpor 25 mm, snímač při zatížení trnu (mechanicky, pohybovým šroubem) odečítá napětí [V] na 2 kanálech (X – síla, Y – průhyb). Software ukládá data do formátu DBF (lze otevřít v Excelu). Ukládá se vždy jediný soubor pro dané datum, vzorky tak lze rozlišit podle kanálu času (reálný čas GMT+1), podle počátečního kroku záznamu (začíná vždy od 1) a popisu, jenž lze v softwaru před začátkem zkoušky přiřadit každému vzorku. Měření nestartuje automaticky, v softwaru se vždy nastaví doba, po kterou se mají zaznamenávat data ze snímače (př. 30s, 60s...), spouští se tlačítkem start. Je proto potřeba při zpracovávání dat vynechat tzv. hluchá místa. Jednotlivé hodnoty síly a průhybu jsou uvedeny ve [V], je třeba je převést na [N] a [mm] s pomocí kalibračních křivek.

4.3 Kalibrační křivky

Protože výstup z elektroniky MOP dává napětí ve voltech, bylo dále nutné provést kalibraci MOP a změřit, kolika voltům [V] odpovídá 1[N]. Tato kalibrace musela být provedena zvlášť pro sílu a zvlášť pro průhyb.

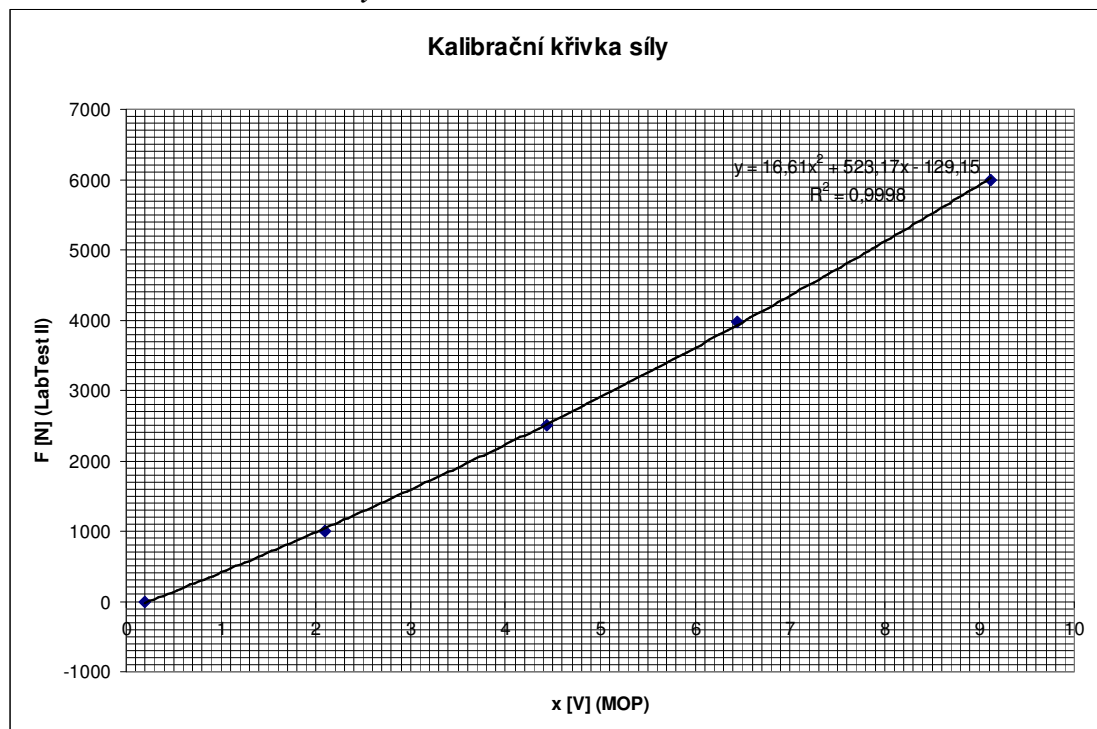
Popis kalibrace:

Síla byla kalibrována zatěžováním na univerzálním stroji LabTest II. Zatížení max. do 6500 N – odpovídá maximu 10 V na MOP. Počáteční hodnota $x=0.222\text{V}$ odpovídá nulovému zatížení. [21]

Průhyb byl kalibrován pomocí měrek (na dotyk).

x [V] (MOP)	F [N] (LabTest II)
0,2	0
2,098	1003
4,44	2505
6,44	3979
9,112	5998

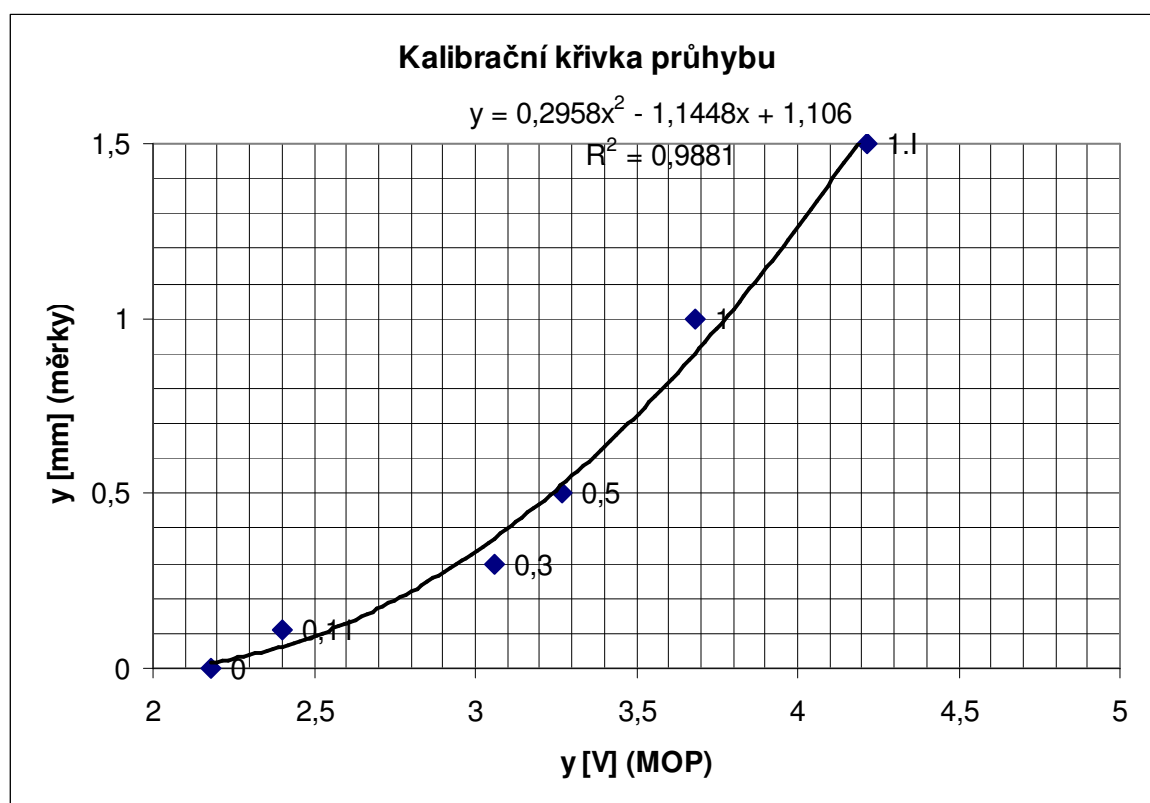
Tabulka 4.2 Kalibrace síly- osa x



Graf 4.2 Kalibrace síly – osa x

y [V] (MOP)	y [mm] (měrky)
2,18	0
2,4	0,11
3,06	0,3
3,27	0,5
3,68	1
4,214	1,1

Tabulka 4.3 Kalibrace průhybu – osa y



Graf 4.3 Kalibrace průhybu – osa y

4.4 Prvotní měření

Pro **zkušební měření** použita tyč z LLG (42 25xx), sledovány nejvhodnější podmínky pro zatěžování - úprava upevnění přístroje (šrouby k podložce), promazání pohybového šroubu apod. Odečet nastavován na 30 a 60 sec.

O vzorcích:

Materiály pocházejí ze sady referenčních vzorků pro disertační práci na téma „Nedestruktivní strukturoskopie izotermicky kalených litin“, která má za cíl vyvinout postupy 100% NDT kontroly výrobního procesu těchto litin, především však TZ. Materiály vzorků byly voleny tak, aby svým chemickým složením a strukturou pokryly soubor nejčastěji užívaných druhů LKG, LLG a LVG pro výrobu ADI/AGI. Zpracování vzorků pokrývá interval předepsaných parametrů (teploty a doby austenitizace, izotermického kalení, zpevnění povrchu) a nejčastějších chyb (překalení/podkalení, příliš krátké/dlouhé prodlevy, příliš nízké/vysoké teploty, oduhličení povrchu). [21]



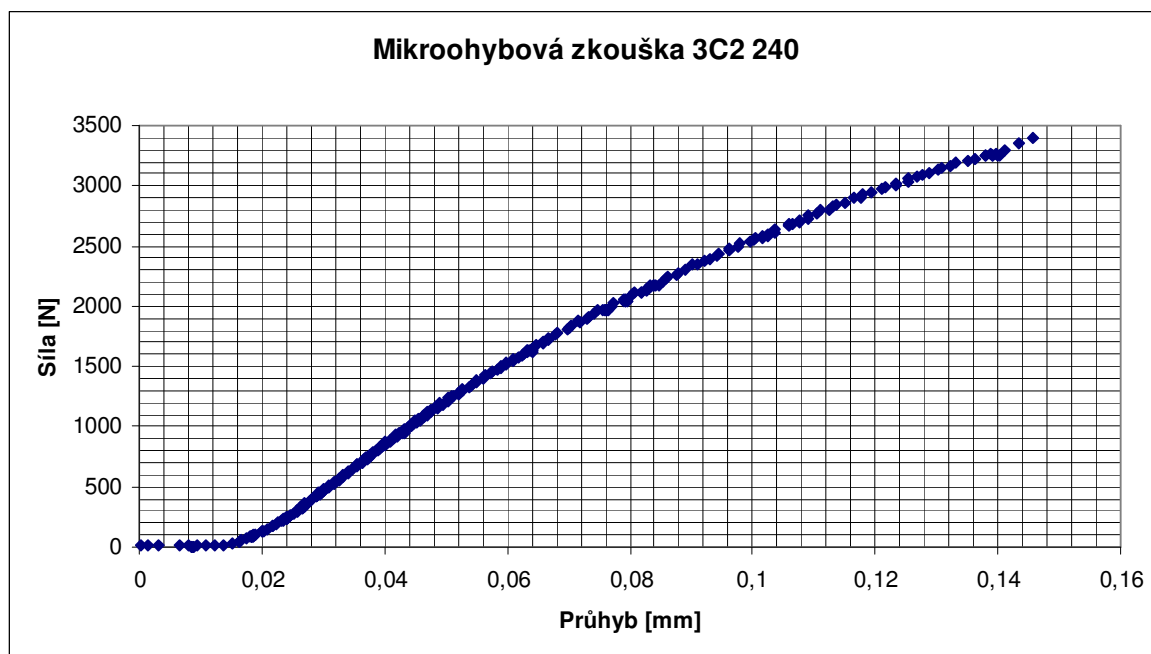
Obr. 4.3 Materiály referenčních vzorků připravené na mikroohyb. zkoušku

První měření – vzorek 3C2 240, v délce 40 mm, průřez 4,98x5,02 mm, vzdál. podpor 25 mm, čas měření 60 s, poč. hodnota $x=0,222$ V. Záznam v souboru MOP3 (20130408 0000) pod označením 3C2240.

3C2 240:

Izotermicky kalená litina s vermikulárním grafitem (AGI). Litina v základním stavu (LVG ZS 455) kalena do soli As140, teplota izotermické výdrže 240°C, výdrž 2 min. Austenitizace na 900°C/30min, bez přístupu kyslíku (ochrana proti oduhličení).

Struktura vzhledem k podmínkám TZ (krátká austenitizační i izotermická výdrž a nízká izotermická teplota blízko Ms) je směsí především martenzitu a dolního ausferitu (jehlic feritu a zbytkového austenitu). Tvrdost HV30 = 400 HV (střední hodnota z 10 měření).



Graf 4.4 Výsledek mikroohybové zkoušky vzorku 3C2 240.

Název	Data	Označení, jednotky
Síla na mezi pevnosti v ohybu	3391,865	P_{mo} [N]
Maximální průhyb:	0,145753	y_{max} [mm]
Rozměry zkušební tyče:	4,98*5,02	$b * h$ [mm*mm]
Vzdálenost podpor:	25	l [mm]
Mez pevnosti v ohybu:	1013,522	$R_{mo} = (3/2) * (P_{mo} * l / b * h^2)$ [MPa]
Mez pevnosti v tahu:	516,8961	$R_m = 0,51 * R_{mo}$ [MPa]
Tvrdost HV30:	400	[HV]

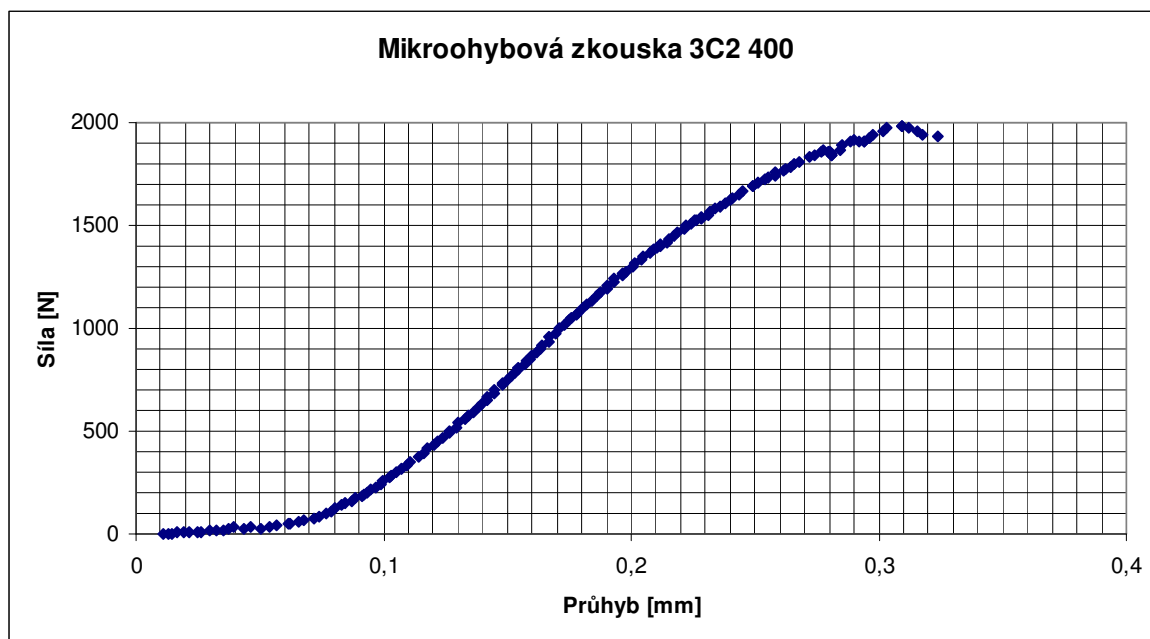
Tabulka 4.4 Data získaná mikroohybovou zkouškou ze vzorku 3C2 240

Druhé měření – vzorky 3C2 400, v délce 39,96 mm, průřez 4,97x5,02 mm a LVG ZS 455, v délce 40,8 mm, průřez 4,99x5,04 mm, vzdál. podpor 25 mm, čas měření 60 s, poč. hodnota $x=0,222$ V. Záznam v souboru MOP3 (20130415 0000) pod označením 3C2400 + 3C2400b (prve špatně nastaven čas záznamu, nicméně hodnoty IN1 a IN2 navazují) a LVG 455.

3C2 400:

Izotermicky kalená litina s vermikulárním grafitem (AGI). Litina v základním stavu (LVG ZS 455) kalena do soli As140, teplota izotermické výdrže 400°C, výdrž 2 min. Austenitizace na 900°C/30min, bez přístupu kyslíku (ochrana proti oduhličení).

Struktura vzhledem k podmínkám TZ (krátká austenitizační I izotermická výdrž a vysoká izotermická teplota) odpovídá hornímu ausferitu (jehlice feritu a množství zbytkového austenitu). Tvrdost HV30 = 251 HV (střední hodnota z 10 měření).



Graf 4.5 Výsledek mikroohybové zkoušky vzorku 3C2 400.

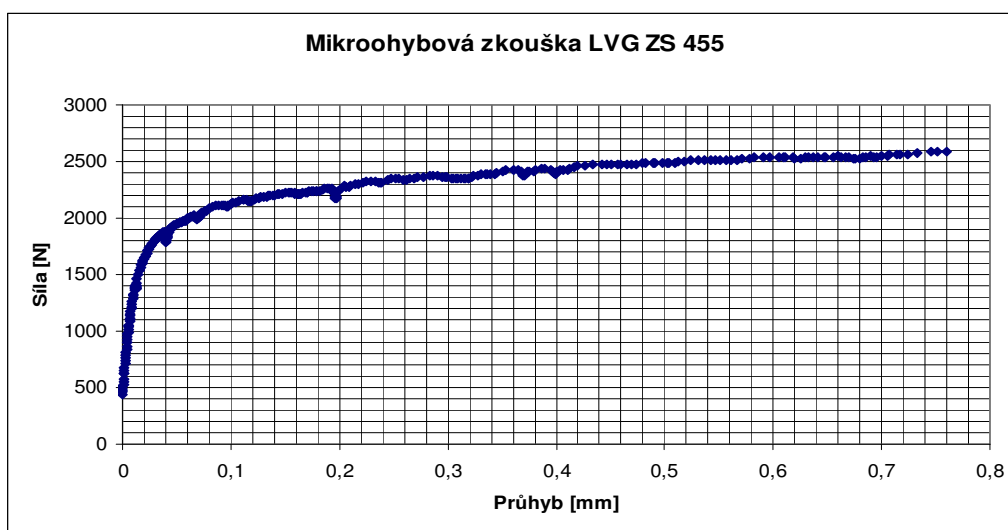
Název	Data	Označení, jednotky
Síla na mezi pevnosti v ohybu:	1981,74607	P_{mo} [N]
Maximální průhyb:	0,30907328	y_{max} [mm]
Rozměry zkušební tyče:	4,97*5,02	$b * h$ [mm*mm]
Vzdálenost podpor:	25	l [mm]
Mez pevnosti v ohybu:	593,356154	$R_{mo} = (3/2) * (P_{mo} * l / b * h^2)$ [MPa]
Mez pevnosti v tahu:	302,611639	$R_m = 0,51 * R_{mo}$ [MPa]
Tvrдость HV30:	251	[HV]

Tabulka 4.5 Data získaná mikroohybovou zkouškou ze vzorku 3C2 400

Třetí měření – Bohužel se při třetím měření přetrhl křemíkový tenzometr na snímání průhybu, vlivem příliš velkého prohnutí plastického vzorku (graf 4.6). První dva vzorky byly kalené tj. křehké a třetí vzorek byla litina v základním stavu – feritická, tudíž houževnatá. Z tohoto důvodu se třetí vzorek nezlomil, ale pouze prohnul a při velkém průhybu se přetrhl výše zmíněný tenzometr. Proto nebylo možné nadále ve zkouškách pokračovat.

LVG ZS 455:

Materiál pro hlavy válců. Objednáno TEDOM ve FOCAM Olomouc, 2009. FOCAM_Tavba 455: C 3,62; Mn 0,18; Si 3,5; S 0,015; P 0,024; Cu 0,21; Mg 0,014; Mo 0,35; Cr 0,04; Obsah Mo (a Si) – pro namáh. za vysoké teploty – do 500°C (resp. A1) zvyšuje R_e ; rost. obsah S,Cu – zvýšení M [A/m]. Mo silně segreguje - mezieutekticky tvorba karbidů, jež vypadají jako fosfidické eutektikum - jen tvrdší - prokázáno metalografií a mikrotvrdostí. Struktura v ZS převážně F – pro kalení na AGI vybráno díky vyhovujícímu chem. složení a právě kvůli struktuře F - aspekt snížení pracnosti - viz obrábění měkkých odlitků na konečné rozměry, při kalení na B nejsou narušeny od M rozměrové změny). Tvrdost HV30 = 175 HV (střední hodnota z 10 měření).



Graf 4.6 Výsledek mikroohybové zkoušky vzorku LVG ZS 455.

Název	Data	Označení, jednotky
Síla na mezi pevnosti v ohybu:	2587,053	P_{mo} [N]
Maximální průhyb:	0,759306	y_{max} [mm]
Rozměry zkušební tyče:	4,99 * 5,04	$b * h$ [mm*mm]
Vzdálenost podpor:	25	l [mm]
Mez pevnosti v ohybu:	765,3761	$R_{mo} = (3/2) * (P_{mo} * l / b * h^2)$ [MPa]
Mez pevnosti v tahu:	390,3418	$R_m = 0,51 * R_{mo}$ [MPa]
Tvrдость HV30:	175	[HV]

Tabulka 4.6 Data získaná mikroohybovou zkouškou ze vzorku LVG ZS 455.



Obr. 4.4 Mikroohybová zkouška na přípravku MOP

5 ZÁVĚR

Bakalářská práce seznamuje se zkoušením materiálů v ohybu a předkládá přehled mikrozkoušek.

V rámci práce byl repasován mikroohybový přípravek MOP a proveden experiment se vzorky odebranými z reálných odlitků, čímž byla potvrzena užitečnost MOP.

Byl popsán přehled použitelných SW (softwarů) a HW (hardwarů). Optimální A / D převodník a SW byl instalován a zprovozněn ve spolupráci s firmou ELKOSO spol. s.r.o., Brno.

Digitalizovaný systém mikroohybového přípravku MOP byl úspěšně vyzkoušen na přesně litém odlitku firmy IEG spol. s.r.o., Jihlava a vzorcích z tepelně zpracované litiny s kuličkovým grafitem.

Doporučení

Používat rovnoměrně rostoucí zatěžovací sílu v čase, pro zpracování dat derivací, aby bylo možno dosáhnout plynulého záznamu.

Používat doraz maximálního průhybu, aby nedošlo k přetržení tenzometru, nebo použít slabší planžetu pro snímání průhybu.

Aplikovat SW – software pro derivaci záznamu k disertační práci Ing. Brychty, k získání mezních stavů při namáhání v ohybu (mez pružnosti, mez kluzu).

6 POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

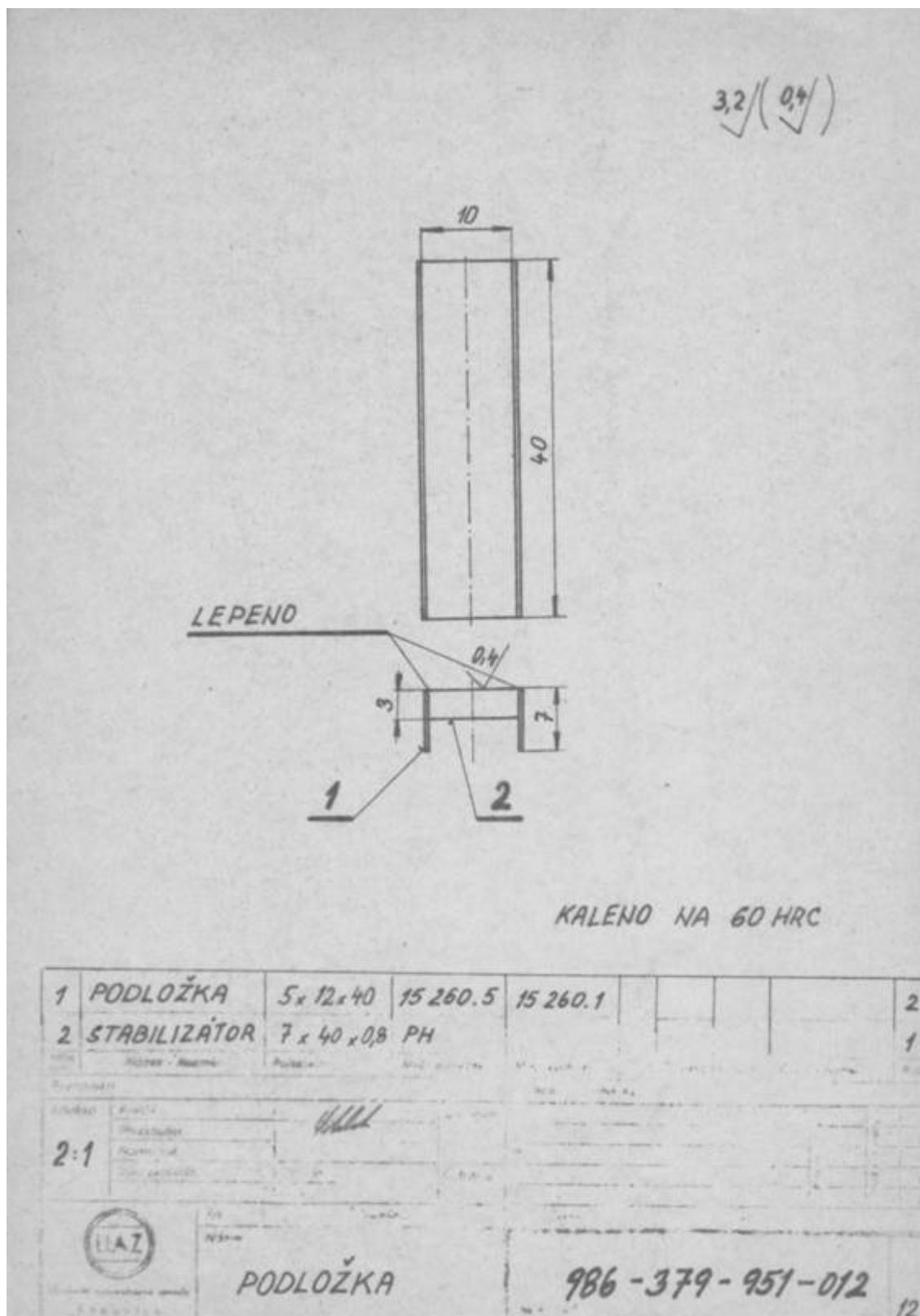
- [1] PTÁČEK, L., a kolektiv. *Nauka o materiálu I.* (Akademické nakladatelství CERM, s.r.o.) BRNO 2001, ISBN: 80-7204-193-2
- [2] PTÁČEK, L., a kolektiv. *Nauka o materiálu II.* (Akademické nakladatelství CERM, s.r.o.) BRNO 1999, ISBN: 80-7204-130-4
- [3] MACEK, K., ZUNA, P., a kol., CEJP, J., JANOVEC, J., KOŘÍNEK, Z., PTÁČEK, L., STEIDL, J., ŠPERLINK, K., ŠVEJCAR, J. *Nauka o materiálu.* (Vydavatelství ČVUT) PRAHA 1996, ISBN: 80-01-01507-6
- [4] SKRBEK, B. *Přehled norem v oblasti nedestruktivního zkoušení.* (TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra materiálů) LIBEREC 2011, ISBN: 978-80-7372-757-4
- [5] ČESKÁ SLÉVÁRENSKÁ SPOLEČNOST. *Normy – kovové slitiny a odlitky.* (Separát ze slévárenské ročenky.) 2008
- [6] SKRBEK, B. *Vzorník lomů litin.* (TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra materiálů) LIBEREC 2011, ISBN: 978-80-7372-758-1
- [7] LENFELD, P. *Technologie II.- 1.část (tváření kovů.* (TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra strojírenské technologie) LIBEREC 2009, ISBN: 978-80-7372-466-5
- [8] DataLab[®]. *Industrial Computer System.* (Moravské přístroje a.s.) ZLÍN 2004 – 2007
- [9] SKRBEK, B. *Nedestruktivní materiálová diagnostika litinových odlitků.* (Disertační práce), LIBEREC 1988
- [10] HYŠKA, A. *Mikroohybová zkouška litin.* (Diplomová práce), LIBEREC 1990

- [11] EISENKOLB, F. *Železo a jeho zliatiny z německého originálu Einführung in die Werkstoffkunde*. (Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry), BRATISLAVA 1964
- [12] JECH, J., SILBERNAGEL A. *Materiály I*. (SNTL – Nakladatelství technické literatury) PRAHA 1979, 04-413-79
- [13] JECH, J., SILBERNAGEL A. *Materiály II*. (SNTL – Nakladatelství technické literatury) PRAHA 1979, 04-412-79
- [14] SKRBK, B. *Materiály pro konstrukční aplikace*. (TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra materiálů) LIBEREC 2009, ISBN: 978-80-7372-525-9
- [15] *Technický návod k obsluze plošného souřadnicového zapisovače XY - 4106*. (Laboratorní přístroje) PRAHA
- [16] <http://www.controlengcesko.com/hlavni-menu/artykuly/artykul/article/merici-technika-a-senzory/>
- [17] <http://czech.ni.com/>
- [18] <http://www.vutbr.cz/cvis/software/vypocetni-programy/labview-did38148>
- [19] <http://www.mii.cz/art?style=6&id=422&lang=405>
- [20] Článek z magazínu Automa 6/2011, *Control Web – všestranný pomocník pro tvůrce aplikačních programů*
- [21] ANDRŠOVÁ, Z., SKRBK, B., *The use of magnetic and ultrasonic structuroscopy for inspection of ADI/AGI castings*. Manufacturing Technology, vol. 12, 20012, no. 13. ISSN 1213-2489.

7 PŘÍLOHY

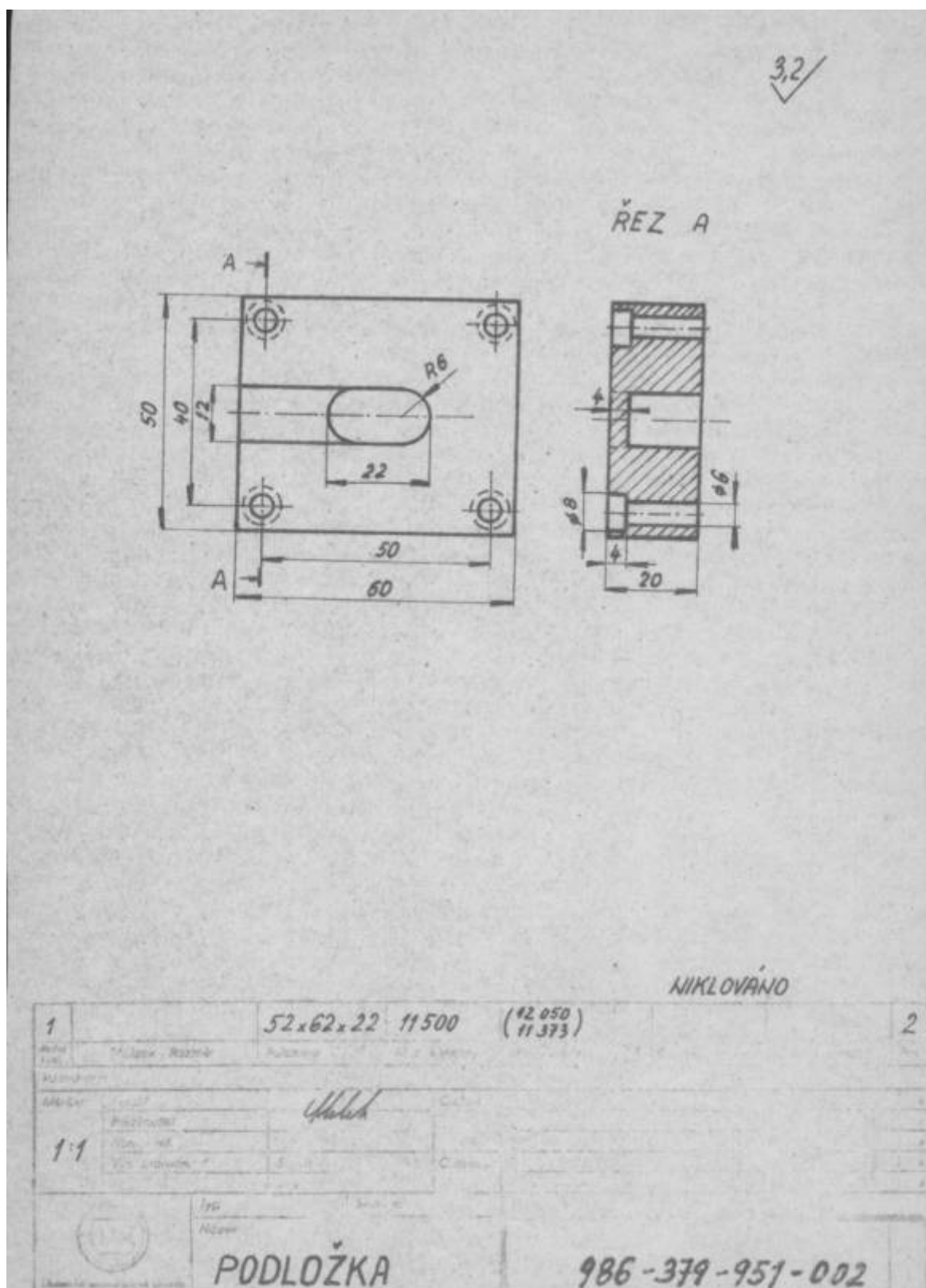
Název	Strana
č. 1 Výkresová dokumentace ke strojku – Podložka, stabilizátor	64
č. 2 Výkresová dokumentace ke strojku – Podložka	65
č. 3 Výkresová dokumentace ke strojku – Základová deska	66
č. 4 Výkresová dokumentace ke strojku – Čípek, Výměnná podpora	67
č. 5 Výkresová dokumentace ke strojku – Vodící hranol, Kryt	68
č. 6 Výkresová dokumentace ke strojku – Planžeta, Nosník	69
č. 7 Výkresová dokumentace ke strojku – Ohýbací trn	70
č. 8 Výkresová dokumentace ke strojku – Kryt tenzometrů I.	71
č. 9 Výkresová dokumentace ke strojku – Kryt tenzometrů II.	72
č.10 Náskres plošných spojů tenzometrického zesilovače	73
č.11 Blokové schéma zapojení MOP – elektronika – XY zapisovač	74
č.12 Výkres spodní části skříně vodního čerpadla	75
č.13 Grafický záznam ze zkoušky analogového MOP se zápisem na zapisovač XY 4106	76
č.14 Vzhled záznamu konkrétních hodnot ze zkoušky MOP na materiálu AGI 3C2 240	77
č.15 Vzhled záznamu konkrétních hodnot ze zkoušky MOP na materiálu AGI 3C2 400	78
č.16 Vzhled záznamu konkrétních hodnot ze zkoušky MOP na materiálu LVG ZS 455	79

Příloha č. 1



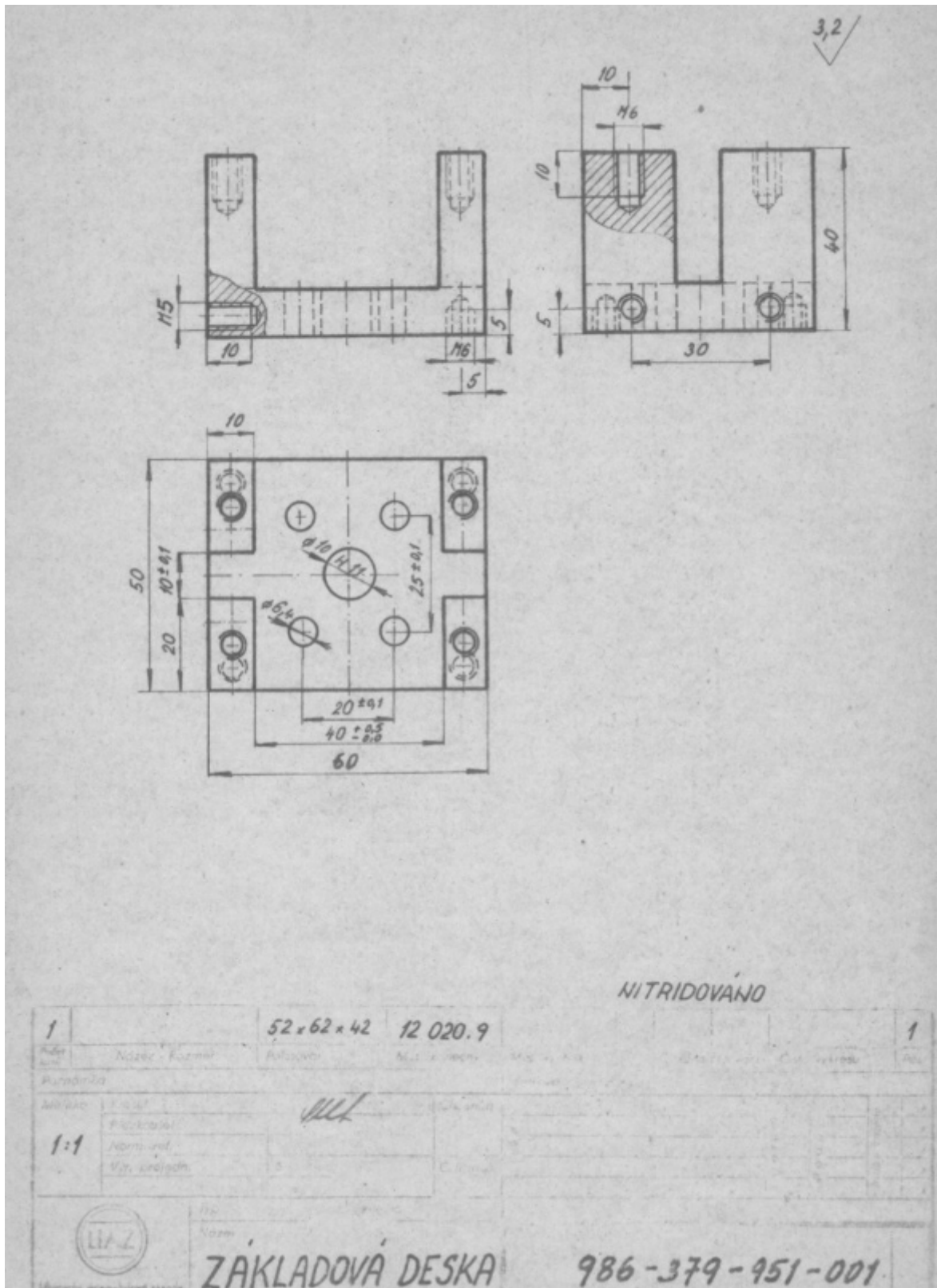
Výkresová dokumentace ke strojku – Podložka, stabilizátor

Příloha č. 2



Výkresová dokumentace ke strojku - Podložka

Příloha č. 3



Výkresová dokumentace ke strojků – Základová deska

NITRIDOVÁNO

1 14 x 25 14 220.9 14 220.1

1:1

ČÍPEK

986-379-951-004

2 17 x 20 x 42 15 330.7

2

1:1

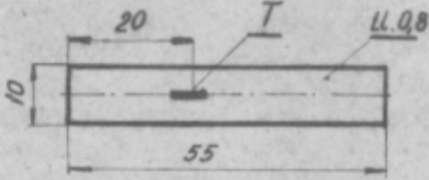
VÝMĚNNÁ PODPORA

986-379-951-003

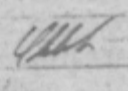

- 67 -

		$\checkmark 1.6 / (3.2)$	
2	$\square 20 \times 60$	11 600	5
1:1			
VODÍČÍ HRANOL		986-379-951-005	
NIKLOVÁNO			
		$\checkmark 3.2$	
1	$\square 30 \times 20$	11 373	6
1:1			
KRYT		986-379-951-006	
NIKLOVÁNO			

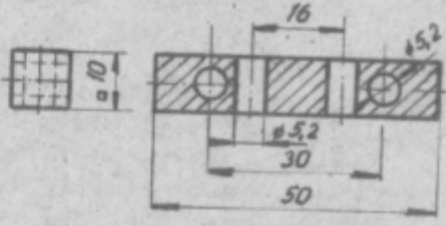
Příloha č. 6





T... miesto pro nalepení tenzometru (z obou stran) průhybu

1	10 x 55	12 080.0	7
1:1			
		PLANŽETA	986-379-951-007

3,2 ✓

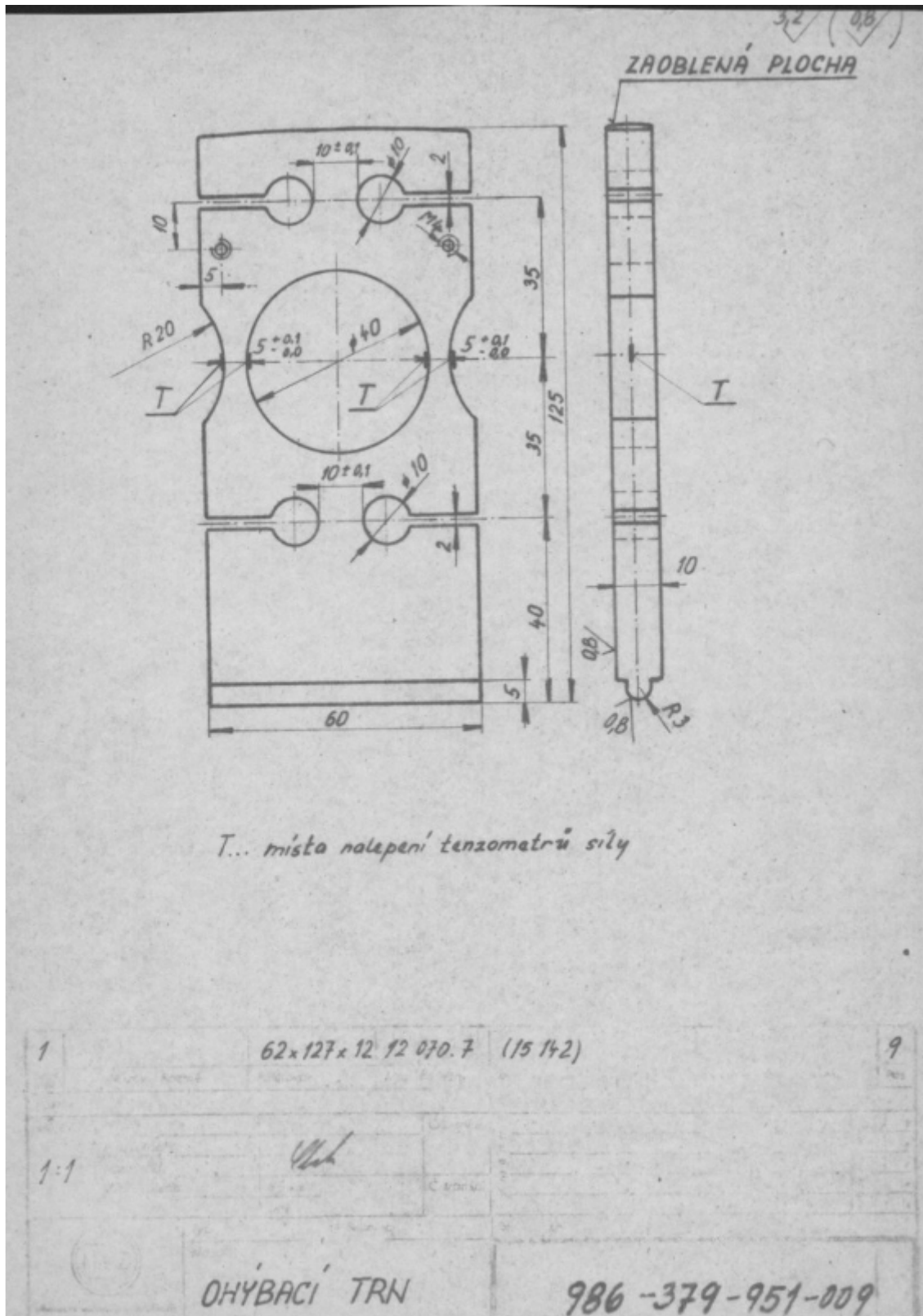


NIKLOVÁNO

1	10 x 50	11 600	8
1:1			
		NOSNÍK	986-379-951-008

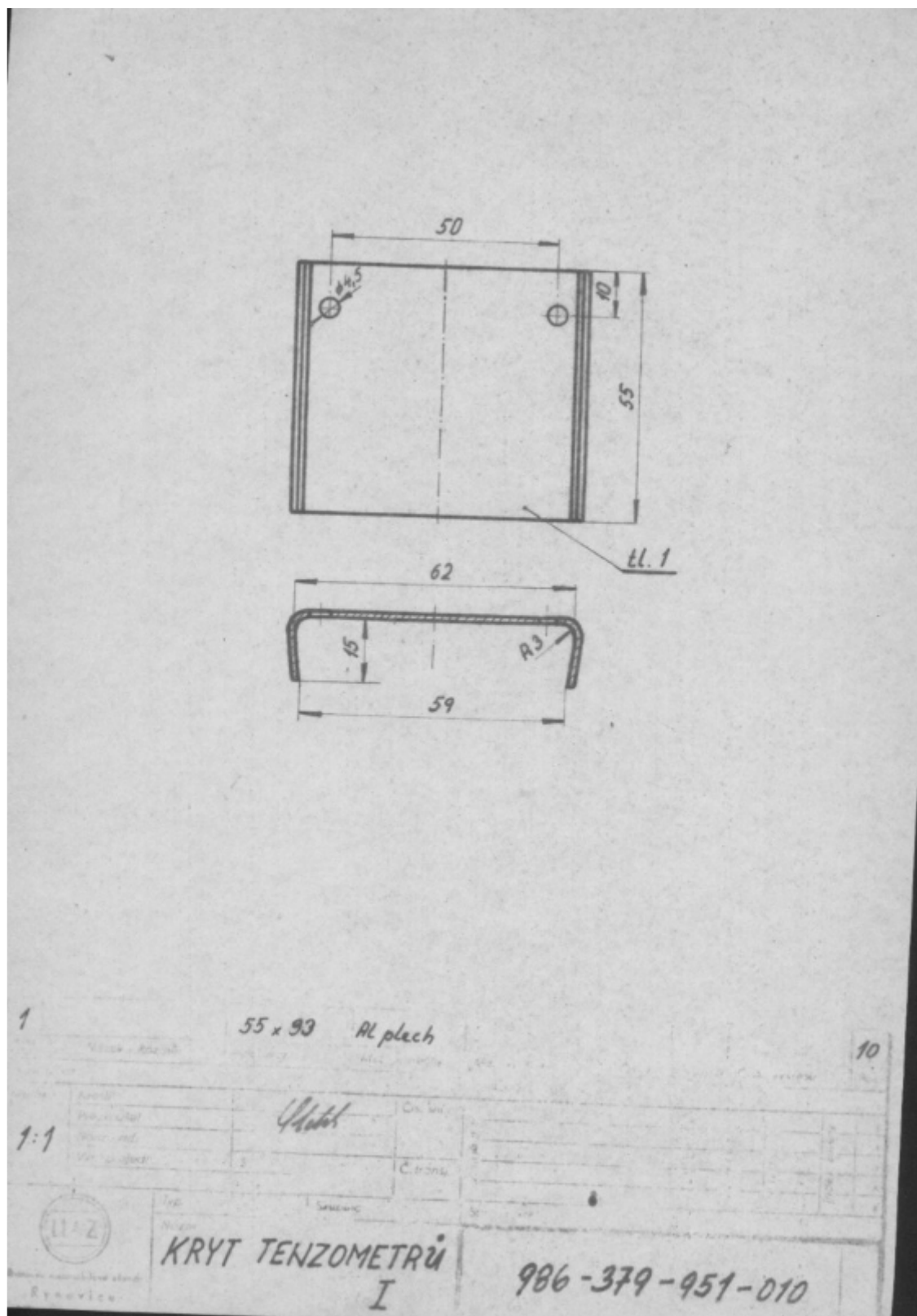
Výkresová dokumentace ke strojku – Planžeta, Nosník

Příloha č. 7



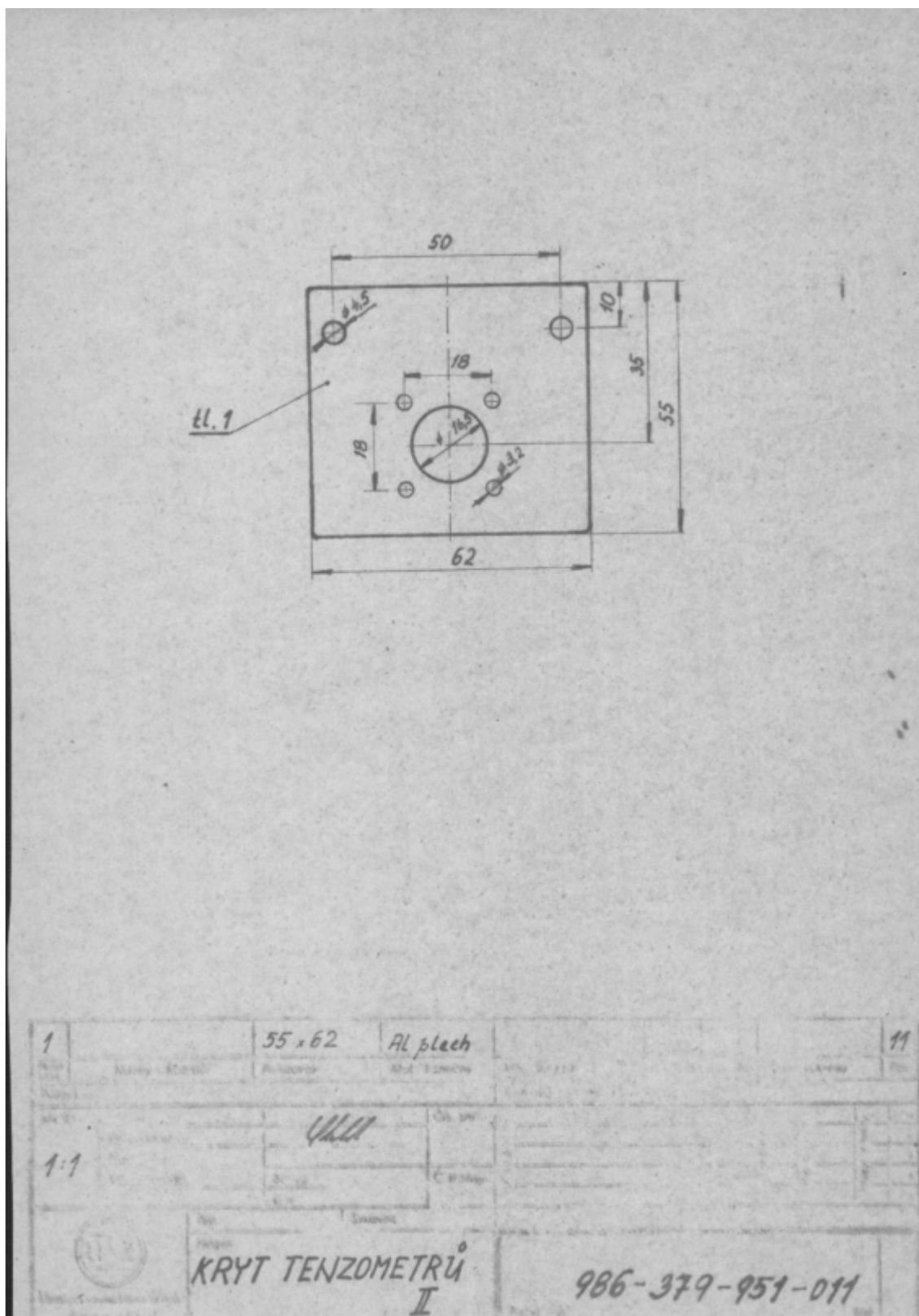
Výkresová dokumentace ke strojku – Ohýbací trn

Příloha č. 8



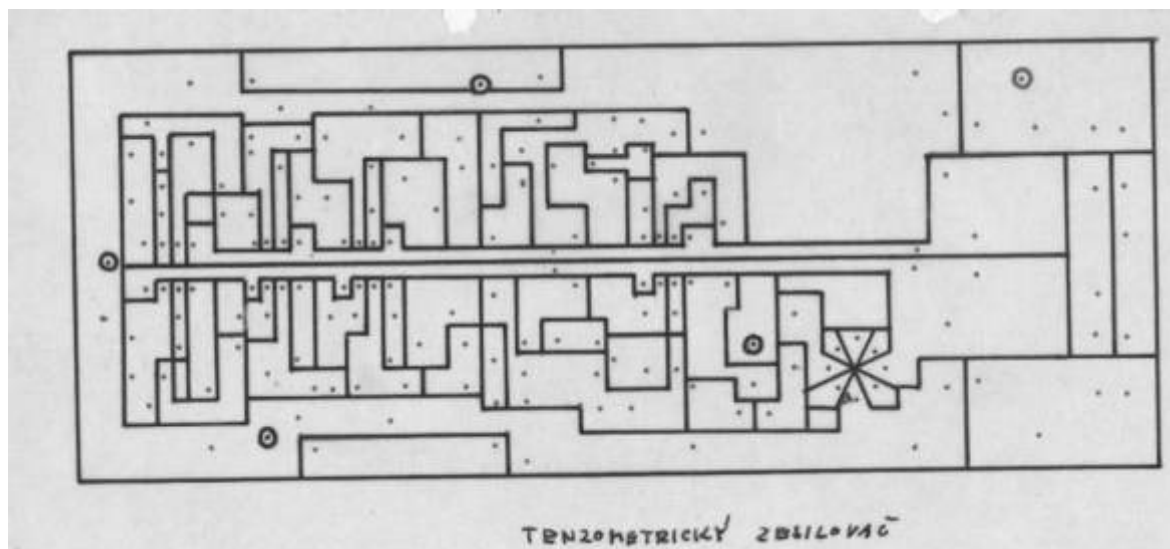
Výkresová dokumentace ke strojku – Krypt tenzometrů I.

Příloha č. 9



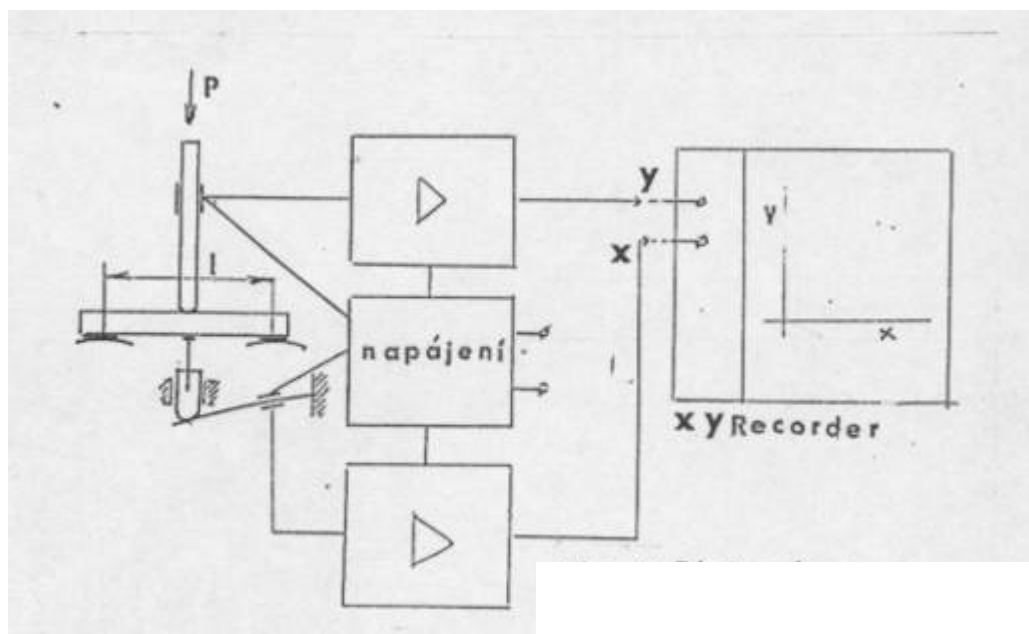
Výkresová dokumentace ke strojku – Krypt tenzometrů II.

Příloha č. 10



Nákres plošných spojů tenzometrického zesilovače

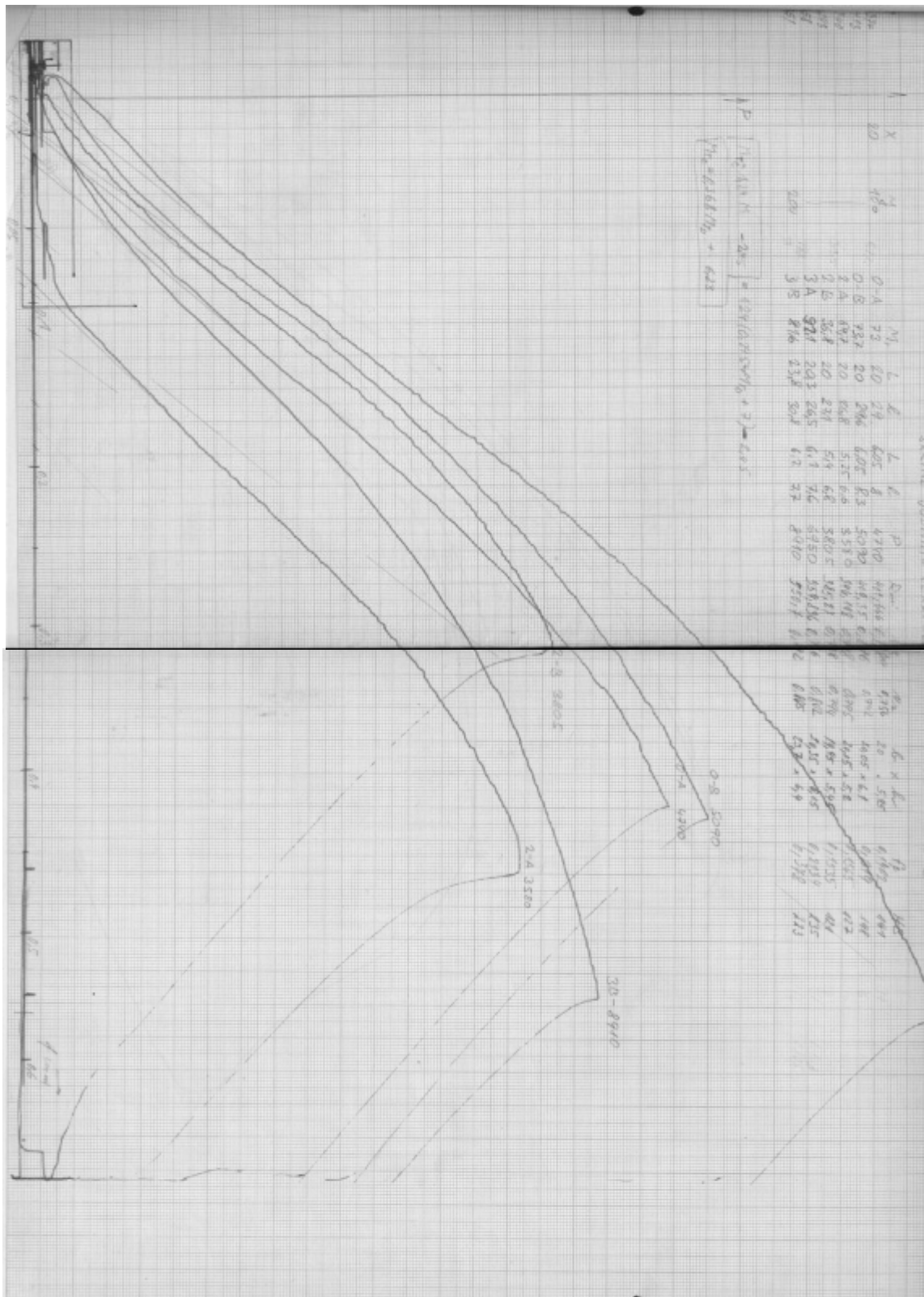
Příloha č. 11



Blokové schéma zapojení MOP – elektronika – XY zapisovač

Výkres spodní části skříně vodního čerpadla

Příloha č. 13



Grafický záznam ze zkoušky analogového MOP se zápisem na zapisovač XY 4106

Příloha č. 14

N	x_IN1 [V]	y_IN2 [V]	x_síla [N]	y_průhyb [mm]
1	0,222	2,005	-12,187653	-0,000200605
2	0,221	2,007	-12,718181	-0,000116706
3	0,221	2,006	-12,718181	-0,000158951
4	0,222	2,007	-12,187653	-0,000116706
5	0,221	2,005	-12,718181	-0,000200605
6	0,221	2,007	-12,718181	-0,000116706
7	0,222	2,005	-12,187653	-0,000200605
8	0,221	2,007	-12,718181	-0,000116706
9	0,222	2,005	-12,187653	-0,000200605
10	0,221	2,006	-12,718181	-0,000158951
11	0,222	2,007	-12,187653	-0,000116706
12	0,221	2,006	-12,718181	-0,000158951
13	0,222	2,007	-12,187653	-0,000116706
14	0,222	2,005	-12,187653	-0,000200605
15	0,221	2,007	-12,718181	-0,000116706
16	0,222	2,007	-12,187653	-0,000116706
17	0,222	2,007	-12,187653	-0,000116706
18	0,222	2,007	-12,187653	-0,000116706
19	0,221	2,005	-12,718181	-0,000200605
20	0,223	2,007	-11,657091	-0,000116706
21	0,221	2,005	-12,718181	-0,000200605
22	0,223	2,007	-11,657091	-0,000116706
23	0,222	2,005	-12,187653	-0,000200605
24	0,221	2,007	-12,718181	-0,000116706
25	0,222	2,005	-12,187653	-0,000200605
26	0,221	2,007	-12,718181	-0,000116706
27	0,223	2,007	-11,657091	-0,000116706
28	0,221	2,006	-12,718181	-0,000158951
29	0,223	2,007	-11,657091	-0,000116706
30	0,222	2,005	-12,187653	-0,000200605

Vzhled záznamu konkrétních hodnot ze zkoušky MOP na materiálu AGI 3C2 240

Příloha č. 15

N	x_IN1 [V]	y_IN2 [V]	x_síla [N]	y_průhyb [mm]
1	0,219	1,955	-13,779138	-0,001529005
2	0,217	1,955	-14,839962	-0,001529005
3	0,219	1,955	-13,779138	-0,001529005
4	0,217	1,955	-14,839962	-0,001529005
5	0,219	1,955	-13,779138	-0,001529005
6	0,217	1,955	-14,839962	-0,001529005
7	0,218	1,955	-14,309566	-0,001529005
8	0,217	1,954	-14,839962	-0,001540487
9	0,217	1,956	-14,839962	-0,001516931
10	0,219	1,954	-13,779138	-0,001540487
11	0,217	1,956	-14,839962	-0,001516931
12	0,219	1,955	-13,779138	-0,001529005
13	0,217	1,956	-14,839962	-0,001516931
14	0,218	1,955	-14,309566	-0,001529005
15	0,217	1,955	-14,839962	-0,001529005
16	0,218	1,955	-14,309566	-0,001529005
17	0,217	1,954	-14,839962	-0,001540487
18	0,217	1,956	-14,839962	-0,001516931
19	0,218	1,955	-14,309566	-0,001529005
20	0,217	1,956	-14,839962	-0,001516931
21	0,219	1,955	-13,779138	-0,001529005
22	0,217	1,954	-14,839962	-0,001540487
23	0,218	1,955	-14,309566	-0,001529005
24	0,217	1,954	-14,839962	-0,001540487
25	0,217	1,955	-14,839962	-0,001529005
26	0,219	1,955	-13,779138	-0,001529005
27	0,217	1,955	-14,839962	-0,001529005
28	0,219	1,955	-13,779138	-0,001529005
29	0,217	1,955	-14,839962	-0,001529005
30	0,218	1,955	-14,309566	-0,001529005

Vzhled záznamu konkrétních hodnot ze zkoušky MOP na materiálu AGI 3C2 400

Příloha č. 16

N	x_IN1 [V]	y_IN2 [V]	x_síla [N]	y_průhyb [mm]
1	0,216	1,942	-15,370324	-0,001632129
2	0,216	1,942	-15,370324	-0,001632129
3	0,215	1,943	-15,900653	-0,001627746
4	0,216	1,942	-15,370324	-0,001632129
5	0,215	1,943	-15,900653	-0,001627746
6	0,216	1,943	-15,370324	-0,001627746
7	0,215	1,942	-15,900653	-0,001632129
8	0,216	1,943	-15,370324	-0,001627746
9	0,215	1,942	-15,900653	-0,001632129
10	0,215	1,943	-15,900653	-0,001627746
11	0,216	1,942	-15,370324	-0,001632129
12	0,215	1,943	-15,900653	-0,001627746
13	0,216	1,943	-15,370324	-0,001627746
14	0,215	1,943	-15,900653	-0,001627746
15	0,216	1,943	-15,370324	-0,001627746
16	0,215	1,942	-15,900653	-0,001632129
17	0,215	1,943	-15,900653	-0,001627746
18	0,215	1,942	-15,900653	-0,001632129
19	0,215	1,943	-15,900653	-0,001627746
20	0,216	1,942	-15,370324	-0,001632129
21	0,218	1,943	-14,309566	-0,001627746
22	0,226	1,942	-10,065208	-0,001632129
23	0,226	1,942	-10,065208	-0,001632129
24	0,234	1,943	-5,8187228	-0,001627746
25	0,236	1,941	-4,7567694	-0,00163592
26	0,238	1,943	-3,6946832	-0,001627746
27	0,24	1,942	-2,632464	-0,001632129
28	0,24	1,943	-2,632464	-0,001627746
29	0,244	1,943	-0,507627	-0,001627746
30	0,244	1,943	-0,507627	-0,001627746

Vzhled záznamu konkrétních hodnot ze zkoušky MOP na materiálu LVG ZS 455